

**O PERFIL CONCEITUAL DE CALOR
E SUA UTILIZAÇÃO POR
COMUNIDADES SITUADAS**

Angélica Oliveira de Araújo

Belo Horizonte - 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
FACULDADE DE EDUCAÇÃO – FaE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DOUTORADO EM EDUCAÇÃO:
CONHECIMENTO E INCLUSÃO SOCIAL EM EDUCAÇÃO

**O PERFIL CONCEITUAL DE CALOR E SUA UTILIZAÇÃO POR
COMUNIDADES SITUADAS**

ANGÉLICA OLIVEIRA DE ARAÚJO

Belo Horizonte,
Fevereiro de 2014.

ANGÉLICA OLIVEIRA DE ARAÚJO

**O PERFIL CONCEITUAL DE CALOR E SUA UTILIZAÇÃO POR COMUNIDADES
SITUADAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Educação.

Linha de pesquisa: Educação e Ciências

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Fleury Mortimer

Belo Horizonte,
Fevereiro de 2014.

Dedico este trabalho àqueles que sempre acreditaram, e me fizeram acreditar, na realização dos meus sonhos e trabalharam muito para que eu pudesse realizá-los, meus pais: Sebastiana e Raimundo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir que eu sinta sua presença e seu amparo em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador, Eduardo Mortimer, por me ajudar a construir, ao longo da minha trajetória acadêmica – da iniciação científica ao doutorado –, inúmeros significados sobre o que é ser um bom professor e um bom pesquisador. Agradeço pelo profissionalismo, a paciência, o respeito, a confiança e a amizade compartilhados ao longo desse anos.

Ao Corpo de Bombeiros da Polícia Militar de Minas Gerais, em especial, ao 3º Pelotão de Bombeiros de Diamantina e a Academia de Bombeiros Militares de Minas Gerais; ao SENAI, em especial ao Centro de Formação Profissional Américo René Giannetti. Agradeço a todos os instrutores e alunos dos cursos de formação que, ao aceitarem participar, tornaram possível a realização desta pesquisa.

À equipe de técnicos em refrigeração, que com presteza permitiu que eu acompanhasse suas atividades, o que muito me ajudou a compreender importantes problemas da área de refrigeração.

Aos professores Tavinho e Andréia Horta, pelas preciosas contribuições para desenvolvimento do trabalho.

A todos os amigos e companheiros do grupo de pesquisa *Linguagem e Cognição em Salas de Aula de Ciências*, com quem tive o prazer de conviver e compartilhar discussões tão proveitosas ao longo desses dez anos. Um agradecimento especial para Ana Carolina, Ana Luísa, Chico, Danuza, Eliane, Eurico, Fábio, Kátia, Luciana, Marcos, Marina, Nilma, Penha, Renata e Rita pelo carinho e amizade ao longo da caminhada. Agradeço a vocês pelos bons momentos vivenciados durante nossas reuniões, congressos e “Grupos de Oração”.

Aos estagiários do FoCo Ariane, Franciane, Gustavo e Liliamara, Tamires e Willian, pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

Aos professores Bernardo Jefferson, Cristiano Mattos, Edenia Amaral e Orlando Aguiar que, gentilmente, aceitaram o convite de compor a banca de avaliação deste trabalho. Em especial, agradeço à Edenia e ao Orlando, pelas importantes contribuições no exame de qualificação.

À UFMG e, em especial, aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Educação da FAE, com os quais sempre pude contar.

À UFVJM e, em especial, aos professores e funcionários do Departamento de Química - DEQUI, pelo apoio e colaboração. Agradeço também aos colegas de trabalho, aos alunos e aos PIBIDIANOS pelas experiências profissionais e pessoais que me fazem acreditar que vale a pena trabalhar com formação de professores. É com vocês que a cada dia tenho uma nova oportunidade de aprendizagem sobre educação em ciências.

À Cristina pela convivência, amizade e paciência.

Aos bons amigos que têm feito valer a pena morar em Diamantina, mesmo longe da família.

Aos amigos de Valhalla: Péthrus, João Paulo, Daniel e Bruno.

À Luciana, amiga e irmã, pelo carinho e amizade.

Ao Rômulo pelo apoio, carinho e bons momentos compartilhados.

À minha família. Agradeço de modo todo especial aos meus pais, Sebastiana e Raimundo, e ao meu tio José pelo incentivo e, principalmente, pelo amor incondicional.

O que reconheço de vivo, de imediatamente vivo, é o que reconheço como quente. O calor é a prova por excelência da riqueza e da permanência substanciais; por si só oferece um sentido imediato à intensidade vital, à intensidade do ser. (BACHELARD, 2012, p. 162).

RESUMO

Este trabalho investiga a utilização do perfil conceitual de calor em duas comunidades diferentes, socioculturalmente situadas: (i) técnicos que trabalham com refrigeração de ambientes e (ii) bombeiros militares. Esta pesquisa contribui para o desenvolvimento dos estudos sobre perfis conceituais ao investigar a utilização de um conceito para além dos âmbitos acadêmico e cotidiano, voltando-se para os contextos nos quais as comunidades de prática utilizam determinados significados estabilizados. Apresentamos um estudo da utilização do perfil conceitual de calor por estudantes e instrutores dos cursos de formação desses profissionais e por profissionais que atuam na área. Investigamos o uso de diferentes formas de falar associadas aos diferentes modos de pensar que caracterizam as zonas desse perfil. A utilização do conceito de calor durante a atuação profissional por essas comunidades contempla modos de falar sobre calor estabilizados pela ciência e também conceitos alternativos de calor como sensação térmica, como temperatura e como substância. Os resultados demonstram que pode haver diferentes significados que são estabilizados para um mesmo conceito quando este é colocado em uso por diferentes comunidades. Esses conceitos podem ser de uso específico da comunidade e alguns deles, como os de tetraedro do fogo e carga térmica, dialogam com conceitos científicos, sem, contudo, serem equivalentes aos conceitos veiculados na comunidade escolar. Outros, no entanto, demonstram ter valor pragmático para as comunidades, mas não são conceitos validados pela comunidade científica, como os de sensação térmica e de substância. A utilização de um perfil conceitual leva em consideração que um ou mais modos de pensar, compatíveis ou não com o conceito científico, estarão presentes no uso do conceito pelo indivíduo. Cada zona do perfil corresponde a uma forma de pensar e falar sobre questões enfrentadas em situações práticas pelas comunidades. Várias zonas podem conviver num mesmo indivíduo e numa mesma comunidade, cada uma sendo utilizada em contexto mais adequado. Dessa forma, a aprendizagem de um conceito é algo dinâmico, permeado por seu uso, que vai estabilizando vários significados, sejam eles científicos ou não.

Palavras-chave: Perfil conceitual, heterogeneidade conceitual, calor, comunidades situadas, ensino de ciências.

ABSTRACT

This work investigates the use of the conceptual profile of heat in two different socio-culturally situated communities: (i) technicians working with refrigeration and (ii) firefighters. This research contributes to the development of studies on conceptual profiles as it investigates the use of a concept beyond the academic and everyday life realms, turning to contexts in which these communities of practice use some stabilized meanings. We present a study about the use of the conceptual profile of heat by students and instructors from training courses of these professionals as well as other professionals working in the area. We investigate the different ways of speaking associated with different ways of thinking that characterize this conceptual profile. The use of the concept of heat during the professional performance by these communities contemplates ways of speaking about heat stabilized by science and also alternative concepts of heat as thermal sensation, as temperature and as substance. The results show that there can be different meanings stabilized to the same concept when it is put into use by different communities. These concepts may be of particular use in the community and some of them result from the interaction with scientific concepts, as the concepts of fire tetrahedron, for firefighters, and thermal load, for the refrigeration technicians, without however being equivalent to the ones conveyed in the school community. Others, however, show pragmatic value for these communities but are not considered as valid concepts by the scientific community, such as the concepts of heat as thermal sensation and as substance. The use of a conceptual profile takes into account the fact that one or more ways of thinking, compatible or not with the scientific concept, will be present in the use of the concept by the individual. Each zone of the profile corresponds to a way of thinking and talking about problems faced by these communities in practical situations. Multiple zones can coexist in the same individual and in the same community, each being used in more proper context. Thus, the learning of a concept is something dynamic, affected by its use, which stabilize several meanings, scientific or not.

Keywords: Conceptual profile, conceptual heterogeneity, heat, situated communities, science teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Esquema dos componentes da unidade selada do refrigerador doméstico.....	99
Figura 02 – Imagens dos componentes da unidade selada do refrigerador doméstico.....	99
Figura 03 – Imagens da evolução de um incêndio e ocorrência do <i>flashover</i>	110
Figura 04 – Representação animista da caloria	152
Figura 05 – Representação do triângulo do fogo	173

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Dados dos alunos do curso de refrigeração (qualificação profissional)	66
Quadro 02 – Dados dos alunos do curso de refrigeração (aprendizagem industrial)	67
Quadro 03 – Informações sobre os instrutores dos cursos de refrigeração	68
Quadro 04 – Dados sobre as turmas do Curso de Formação de Oficiais	70
Quadro 05 – Dados dos instrutores do Curso de Formação de Oficiais.....	71
Quadro 06 – Análise da questão “Para você, o que é calor?” (CFO e TCR)	76
Quadro 08 – Análise da questão “Como você explica a utilização de uma blusa de lã pelas pessoas para diminuírem a sensação de frio?” (CFO e TCR)	84
Quadro 09 – Análise da questão “Como o frio é produzido?” (TCR).....	87
Quadro 10 – Análise da questão “Como o frio é armazenado?” (TCR)	89
Quadro 11 – Análise da questão para “o que são fios de calor?” (TCR)	91
Quadro 12 – Análise da questão “relação entre calor e temperatura” (CFO).....	94
Quadro 13 – Análise da questão “relação entre calor e combustão” (CFO)	96
Quadro 14 – Análise da questão “relação entre calor e conteúdo entálpico” (CFO)	97
Quadro 15 – Síntese da utilização do calor como sensação térmica pelas comunidades	131
Quadro 16 – Síntese da utilização do calor como temperatura ou temperatura alta pelas comunidades	143
Quadro 17 – Síntese da utilização do calor e do frio como substâncias pelas comunidades	161
Quadro 18 – Síntese da utilização do calor como energia pelas comunidades	176

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS.....	7
1.1 O PERFIL CONCEITUAL	9
1.2 AS PROPOSIÇÕES DE VIGOTSKI.....	10
1.2.1 <i>As distinções entre sentido e significado e entre conceituações e conceitos</i>	10
1.2.2 <i>Os conceitos cotidianos e os conceitos científicos</i>	12
1.2.3 <i>Os diferentes domínios genéticos</i>	16
1.3 O CONCEITO DE CALOR	19
1.3.1 <i>Calor como sensação térmica</i>	21
1.3.2 <i>Calor como temperatura</i>	23
1.3.3 <i>Calor como substância</i>	26
1.3.4 <i>Calor como movimento</i>	34
1.3.5 <i>Calor como energia</i>	38
1.4 O PERFIL CONCEITUAL DE CALOR	41
1.5 AS COMUNIDADES DE PRÁTICA.....	45
1.6 A CONSTRUÇÃO DE NARRATIVAS	48
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	52
2.1 A DETERMINAÇÃO DAS ZONAS DO PERFIL CONCEITUAL DE CALOR	53
2.2 OS PRESSUPOSTOS PARA UMA PESQUISA ETNOGRÁFICA	54
2.3 OS DADOS COLETADOS	56
2.3.1 <i>As aulas</i>	57
2.3.2 <i>Os manuais e apostilas do curso</i>	62
2.3.3 <i>Os questionários</i>	63
2.3.4 <i>As entrevistas</i>	64
2.3.5 <i>As visitas técnicas</i>	65
2.4 OS SUJEITOS DA PESQUISA.....	66
2.4.1 <i>Os técnicos em refrigeração</i>	66
2.4.2 <i>Os Bombeiros Militares</i>	69
2.5 OS PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DOS DADOS E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	71
2.5.1 <i>A análise dos questionários</i>	72
2.5.2 <i>A análise das transcrições</i>	73
2.5.3 <i>A construção das narrativas</i>	73
3 ALGUNS CONCEITOS SOBRE CALOR E FRIO UTILIZADOS NOS QUESTIONÁRIOS.....	75
3.1 OS CONCEITOS SOBRE CALOR	76
3.2 OS CONCEITOS SOBRE FRIO	80
3.3 AS CONCEPÇÕES SOBRE O USO DE UMA BLUSA DE LÃ	84
3.4 OS ALUNOS DO TCR RESPONDEM SOBRE A PRODUÇÃO E A CONSERVAÇÃO DO FRIO	87
3.5 OS ALUNOS DO CFO RESPONDEM SOBRE AS RELAÇÕES ENTRE CALOR E TEMPERATURA, CALOR E COMBUSTÃO E CALOR E CONTEÚDO ENTÁLPICO	93
4 OS MODOS DE FALAR SOBRE CALOR E FRIO EM SITUAÇÕES PRÁTICAS APRESENTADAS NOS CURSOS DE FORMAÇÃO.....	99

4.1 Os ALUNOS DO TCR ESTUDAM O FUNCIONAMENTO DO REFRIGERADOR DOMÉSTICO.	99
4.1.1 <i>Os modos de falar sobre calor</i>	102
4.1.2 <i>As construções híbridas</i>	105
4.1.3 <i>As narrativas</i>	106
4.2 Os ALUNOS DO CFO ESTUDAM AS FASES DA EVOLUÇÃO DE UM INCÊNDIO.....	109
4.2.1 <i>Os modos de falar sobre calor</i>	111
4.2.2 <i>As construções híbridas</i>	113
4.2.3 <i>As narrativas</i>	114
5 AS ZONAS DO PERFIL CONCEITUAL DE CALOR PARA BOMBEIROS MILITARES E TÉCNICOS EM REFRIGERAÇÃO	117
5.1 CALOR E FRIO COMO SENSAÇÃO TÉRMICA	118
5.1.1 <i>Os técnicos em refrigeração</i>	119
5.1.2 <i>Os bombeiros militares</i>	124
5.1.3 <i>A utilização da zona do perfil conceitual de calor e frio como sensação térmica nas comunidades</i>	130
5.2 CALOR COMO TEMPERATURA ALTA E FRIO COMO BAIXA	132
5.2.1 <i>Os Técnicos em refrigeração</i>	133
5.2.2 <i>Os Bombeiros Militares</i>	140
5.2.3 <i>A utilização da zona do perfil conceitual de calor como temperatura ou temperatura alta nas comunidades</i>	142
5.3 CALOR E FRIO COMO SUBSTÂNCIAS	144
5.3.1 <i>Os técnicos em refrigeração</i>	145
5.3.2 <i>Os Bombeiros militares</i>	154
5.3.3 <i>A utilização da zona dos perfis conceituais de calor e frio como substâncias nas comunidades</i>	161
5.4 CALOR COMO ENERGIA	164
5.4.1 <i>Os técnicos em refrigeração</i>	164
5.4.1.1 <i>O cálculo da carga térmica</i>	170
5.4.2 <i>Os bombeiros militares</i>	172
5.4.2.1 <i>Tetraedro ou triângulo do fogo</i>	173
5.4.3 <i>A utilização da zona do perfil conceitual de calor como energia nas comunidades</i>	175
CONSIDERAÇÕES FINAIS	179
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	187
APÊNDICES.....	193
1 Carta e termo para obtenção do consentimento livre e esclarecido TCR..	193
2 Carta e termo para obtenção do consentimento CFO	195
3 Questionário aplicado TCR.....	197
4 Questionário aplicado ao CFO	199
5 Roteiro para realização da entrevista semiestruturada com alunos e instrutores do TCR.....	207
6 Roteiro para realização da entrevista semiestruturada com alunos e instrutores do CFO	207
ANEXOS	209
1 Formulário para o cálculo da carga térmica.....	209

INTRODUÇÃO

Este estudo insere-se em uma linha de pesquisa que busca compreender como o conhecimento é produzido e articulado no discurso das salas de aulas de ciência e em diferentes contextos sociais e originou-se dos trabalhos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa *Linguagem e Cognição em Salas de Aula de Ciências*¹.

Para melhor compreender como se dá a construção dos conceitos na educação em ciência, Mortimer (1995, 2000) propõe, em meados dos anos noventa, a construção de perfis conceituais como uma forma de modelar a heterogeneidade do pensamento e da linguagem em salas de aula de ciências. O perfil conceitual é uma noção relacionada ao ensino e à aprendizagem de conceitos científicos e fundamenta-se no princípio de que um conceito pode abranger uma diversidade de significados, os quais podem ser aplicados de acordo com o contexto. (MORTIMER, 1995). Assim sendo, o indivíduo pode desenvolver diferentes modos de ver e conceituar o mundo, a partir da própria experiência.

O modelo de perfil conceitual tem se mostrado relevante para a pesquisa em educação em ciências nas diversas áreas de conhecimento, como a química, a biologia, a física e a matemática. No grupo de pesquisa *Linguagem e Cognição em Salas de Aula de Ciências*, já foram realizadas pesquisas relativas à construção de perfil conceitual de (i) estados físicos da matéria, átomo e molécula (MORTIMER, 1994), (ii) calor e segunda lei da termodinâmica (AMARAL; MORTIMER, 2001; AMARAL, 2004), (iii) conceito biológico de vida (COUTINHO, 2003; SILVA, 2006) e (iv) morte (NICOLLI, 2009). Ainda, em colaboração com o *Grupo de Pesquisa em História, Filosofia e Ensino de Ciências Biológicas*², foi elaborado o perfil conceitual do conceito de adaptação. (SEPÚLVEDA, 2010).

Além dos conceitos trabalhados por Mortimer e colaboradores, vários autores já realizaram trabalhos para a construção de perfil conceitual em diversos países e grupos de pesquisas, em temas como força (RADÉ, 2005), massa (SANTOS; DOMÉNECH, 2005), radiação (ZAIANE, 2003), reação química (SOLSONA;

¹ Grupo de pesquisa pertencente à Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, registrado no CNPq e coordenado pelo Professor Eduardo Fleury Mortimer

² Grupo de pesquisa pertencente à Universidade Federal da Bahia – UFBA, registrado no CNPq e coordenado pelo professor Charbel Niño El-Hani.

IZQUIERDO; JONG, 2001), transformação em química (ROSA; SCHNETZLER, 2001), função matemática (CARRIÃO, 1998), fração (GUABIRABA, 2008), energia em química e física (MICHINEL; ALMEIDA, 2000), energia em bioquímica (OLIVEIRA; SOUSA; DA POIAN; LUZ, 2003), luz e visão (DRUZIAN; RADÉ; SANTOS, 2007); dentre outros.

Para buscar compreender como se dá a construção e a utilização de conceitos, constrói-se um perfil conceitual que leva em consideração que um ou mais modos de pensar, compatíveis ou não com o conceito científico, estarão presentes na construção do conceito pelo indivíduo (MORTIMER et al., 2012). Cada zona do perfil corresponde a uma forma de pensar e falar sobre a realidade. Várias zonas podem conviver num mesmo indivíduo, cada uma sendo utilizada em contexto mais adequado. Dessa forma, a aprendizagem de um conceito não exige que se abandone as concepções pré-existentes ao aprender as ideias científicas, pelo contrário, um mesmo conceito pode ter diferentes significados, utilizados em diferentes contextos, por um mesmo indivíduo.

As pesquisas desenvolvidas até o momento sobre perfis conceituais ocorreram na educação básica ou superior, propondo zonas do perfil conceitual de um determinado conceito e/ou investigando sua utilização pelos alunos. Esses trabalhos investigaram a proposição de zonas para um perfil conceitual em âmbitos científicos e cotidianos. Os estudos sobre perfis conceituais partem do princípio de que inúmeras palavras "científicas" também são usadas em contextos cotidianos e, conseqüentemente, mostram vários significados não compatíveis com o ponto de vista científico. Esse fato pode ser observado com o conceito de calor, utilizado nos contextos científico, cotidiano e tecnológico.

A pesquisa aqui proposta visa um desenvolvimento diferenciado em relação às demais. Neste trabalho, pretendemos contemplar um âmbito ainda não investigado em outras pesquisas sobre perfis conceituais: a utilização de um conceito durante a atuação profissional. Assim sendo, **o principal objetivo desta pesquisa é investigar como diferentes comunidades, socioculturalmente situadas, utilizam o perfil conceitual de calor**. A partir de estudos realizados com duas comunidades diferentes – técnicos que trabalham com refrigeração e climatização de ambientes e bombeiros militares –, buscaremos (i) refinar as zonas do perfil conceitual proposto

por Amaral e Mortimer (2001) e (ii) verificar como cada comunidade utiliza o perfil, dando ênfase a diferentes zonas.

Em meu mestrado (ARAÚJO, 2008), realizado sob a orientação do professor Eduardo Mortimer, desenvolvemos a análise da dinâmica discursiva de nove aulas práticas realizadas em uma turma de 2º ano do Ensino Médio de uma escola da rede particular da cidade de Belo Horizonte. Em seis aulas, a professora trabalhou conteúdos relacionados à física térmica e conceitos introdutórios de termoquímica e, nas outras três, os fatores que interferem na velocidade das reações químicas.

Analisamos as práticas epistêmicas³ que emergem no discurso de um grupo de alunas, procurando compreender tanto as interações discursivas entre estas e a professora como as estratégias comumente utilizadas pela professora para mediar essas interações. A partir da identificação das práticas epistêmicas, foi possível avaliar como o conhecimento foi produzido e articulado por essas alunas no plano social da sala de aula.

Em nosso trabalho, mesmo não tendo como foco de análise o perfil conceitual de calor, foi possível perceber que, durante as discussões nas atividades de termoquímica relativas a “utilização do termômetro clínico ou de laboratório”, “diferenças entre calor e sensação térmica” e “diferenças entre temperatura e quantidade de calor transferido”⁴, os alunos apresentaram em suas falas diversos sentidos para o conceito de calor, como proposto por Amaral e Mortimer (2001). As alunas acessaram diferentes zonas do perfil conceitual de calor apresentando, sobretudo, uma visão de calor substancialista, ou como sendo proporcional à temperatura e à sensação térmica ou utilizando o conceito científico de calor como sendo proporcional à diferença de temperatura entre dois corpos.⁵

Nesse texto e em trabalhos posteriores, Amaral e Mortimer (2001/2004) apresentaram uma análise de como se desenvolve o perfil de calor e da segunda lei

³ As práticas epistêmicas são definidas como práticas envolvidas na produção, comunicação e avaliação do conhecimento (SANDOVAL, 2005; SANDOVAL; MORRISON, 2003; KELLY, 2005; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE *et al.*, 2008). Para identificá-las em sua utilização pelos alunos, investigamos o “texto” (oral) produzido pelos alunos quando desenvolvem problemas práticos. Dessa maneira, buscamos evidenciar como os estudantes produzem, comunicam e avaliam o conhecimento científico.

⁴ Os termos destacados entre aspas referem-se às atividades práticas experimentais realizadas pela professora para o desenvolvimento dos conteúdos de termoquímica.

⁵ Essas categorias de análise para o conceito de calor foram propostas como zonas para o perfil conceitual de calor no trabalho de Amaral e Mortimer (2001) e serão detalhadas no referencial teórico.

da termodinâmica com estudantes do Ensino Médio. Tanto este como os outros trabalhos desenvolvidos no grupo de pesquisa *Linguagem e Cognição em Salas de Aula de Ciências*, que envolveram a construção e a utilização de perfil conceitual, foram realizados em comunidades acadêmicas ou em salas de aula da educação básica. Até o presente momento ainda não havia sido realizado por esse grupo nenhum trabalho que considere o perfil conceitual de esferas socioculturalmente situadas, em contextos profissionais. Como o conceito de calor é polissêmico, sendo utilizado tanto no meio acadêmico como em situações tecnológicas, profissionais e cotidianas, acreditamos ser viável e relevante investigar sua utilização em contextos profissionais e tecnológicos como, por exemplo, pelos técnicos em refrigeração de ambientes e bombeiros militares.

Portanto, a questão central que norteia o desenvolvimento deste trabalho é: **Como as comunidades socioculturalmente situadas de técnicos em refrigeração e bombeiros militares utilizam o perfil conceitual de calor?** Essa questão central desdobra-se em outras que serão usadas para operacionalizá-la: As zonas do perfil conceitual de calor determinadas por Amaral e Mortimer (2001) são confirmadas? Quais os significados atribuídos ao conceito de calor pelos profissionais que trabalham diretamente com esse conceito em sua aplicação prática e tecnológica, por exemplo, os técnicos em refrigeração de ambientes e bombeiros militares? Que zonas de um perfil conceitual de calor são privilegiadas por cada uma dessas diferentes comunidades? Em que contextos as zonas do perfil conceitual, tanto a científica quanto as não científicas, são mais utilizadas? Há particularidades nos usos das zonas do perfil conceitual pelas comunidades? Qual a importância do uso de zonas não científicas para cada comunidade? As zonas utilizadas são eficazes para os objetivos da ação realizada? Os indivíduos das diferentes comunidades demonstram ter consciência da utilização de diferentes zonas?

O texto aqui apresentado, além dessa introdução e das considerações finais, é composto por cinco capítulos.

No primeiro capítulo, apresentamos alguns dos principais pressupostos teóricos que nortearam o desenvolvimento do trabalho, estando dividido em seis seções. Na seção 1.1, *O perfil conceitual*, abordamos as principais pesquisas realizadas e propostas metodológicas que orientam a proposição de perfis conceituais. Na 1.2,

As proposições de Vigotski, apresentamos as relações teóricas entre as pesquisas sobre perfis conceituais e as proposições de Vigotski. Na 1.3, *O conceito de calor*, discutimos como esse conceito se desenvolveu ao longo da história da ciência e da humanidade. Na 1.4, *O perfil conceitual de calor*, trazemos o detalhamento das zonas do perfil conceitual de calor propostas por Amaral e Mortimer (2001). Na 1.5, apresentamos *As comunidades de prática* (LAVE, WENGER, 1991/2011) e estabelecemos os critérios que definem técnicos em refrigeração e bombeiros militares como sendo comunidades de prática. E para finalizar, na seção 1.6, *A construção de narrativas*, discutimos sobre a importância da utilização das narrativas para as situações nas quais atuam técnicos em refrigeração e bombeiros militares e para a análise dos dados, utilizando como principais referenciais Bruner (1997/2001) e Bronckart (1999).

No capítulo dois, apresentamos os procedimentos metodológicos que nortearam a pesquisa, estando subdividido em cinco seções: (2.1) *a determinação das zonas do perfil conceitual de calor*; (2.2) *os pressupostos para uma pesquisa etnográfica*; (2.3) *os dados coletados*; (2.4) *os sujeitos da pesquisa*; e (2.5) *os procedimentos para a análise e apresentação dos resultados*.

Neste trabalho, buscamos acompanhar, a partir de uma pesquisa com caráter etnográfico, aulas de formação profissional de bombeiros militares e técnicos de refrigeração de ambientes, a fim de ter acesso às discussões e diálogos desses profissionais quando da atuação profissional. Buscamos identificar como esses profissionais utilizam o conceito de calor e outros a ele relacionados, tais como frio e temperatura. Para coleta de dados, utilizamos ainda os manuais utilizados nos cursos, questionários, entrevistas e visitas técnicas.

Nos capítulos três, quatro e cinco, apresentamos a análise e a discussão dos dados obtidos na pesquisa.

No capítulo três apresentamos os modos de falar sobre calor e frio que foram identificados nos questionários aplicados aos alunos dos cursos de formação das duas comunidades. Esse capítulo está organizado em cinco subseções, em que discutiremos: (3.1) *os conceitos sobre calor*; (3.2) *os conceitos sobre frio*; (3.3) *as concepções sobre isolantes térmicos*; (3.4) *os alunos do TCR⁶ respondem sobre a*

⁶ Técnico em climatização e refrigeração.

produção e a conservação do frio; e (3.5) os alunos do CFO⁷ respondem sobre as relações entre calor e temperatura, calor e combustão e calor e conteúdo entálpico. As seções apresentadas nesse capítulo estão relacionadas às questões propostas nos questionários aplicados para cada comunidade.

No capítulo quatro, utilizamos os dados obtidos nas aulas e nos manuais dos cursos para apresentar como é ensinado aos alunos dessas comunidades um problema prático. O capítulo está subdividido em duas seções: *(4.1) Os alunos do TCR estudam o funcionamento do refrigerador doméstico; e (4.2) Os alunos do CFO estudam as fases da evolução de um incêndio.* A partir desses problemas, práticos procuramos identificar (i) os diferentes modos de falar sobre calor, que caracterizam as diferentes zonas do perfil conceitual de calor, (ii) as construções híbridas, em que mais de um modo de falar sobre calor é utilizado, simultaneamente, na utilização desse conceito e (iii) as narrativas, usadas para compartilhar conhecimento nessas comunidades.

No capítulo cinco, apresentamos as discussões sobre a utilização das zonas do perfil conceitual de calor pelas comunidades, estando subdividido em quatro seções: *(5.1) calor e frio como sensação térmica; (5.2) calor como temperatura ou temperatura alta e frio como baixa; (5.3) calor e frio como substâncias; e (5.4) calor como energia.* Para cada uma dessas zonas do perfil conceitual de calor, apresentamos dados que evidenciam sua utilização e tomada de consciência por (i) técnicos em refrigeração e (ii) bombeiros militares. Para fechar as seções nesse capítulo, apresentamos uma síntese sobre (iii) a utilização da zona do perfil conceitual de calor nessas comunidades.

Para finalizar, apresentamos as considerações finais deste trabalho, ressaltando aspectos da utilização das zonas do perfil conceitual de calor pelas diferentes comunidades, socioculturalmente situadas. Apresentamos ainda as contribuições teóricas e metodológicas para o desenvolvimento de novas pesquisas sobre a utilização de perfis conceituais em comunidades socioculturalmente situadas e no ensino de ciências.

⁷ Curso de formação de oficiais do Bombeiro Militar

1 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Neste capítulo de revisão da literatura, apresentaremos os aspectos teóricos importantes para a proposição e o desenvolvimento desta pesquisa. O capítulo está subdividido em seis seções.

Iniciamos, na seção 1.1, apresentando considerações sobre o perfil conceitual, as proposições desse modelo e as pesquisas desenvolvidas a partir desse referencial. A seguir, na seção 1.2, abordamos as proposições de Vigotski que fundamentam e direcionam o desenvolvimento das pesquisas sobre perfis conceituais. Na seção 1.3, apresentamos o conceito de calor e como ocorreu o desenvolvimento desse conceito ao longo da história da humanidade e da história da ciência. Na seção 1.4, discutimos o perfil conceitual de calor, apresentando as zonas propostas para esse conceito na literatura. Na seção 1.5, discutimos as comunidades de prática e estabelecemos os critérios que definem técnicos em refrigeração e bombeiros militares como sendo comunidades de prática. E, para finalizar, na seção 1.6, trazemos considerações sobre a construção das narrativas, discutindo sobre a importância da utilização desse gênero textual para as situações nas quais atuam técnicos em refrigeração e bombeiros militares e para a análise dos dados.

1.1 O perfil conceitual

Na literatura em ensino de ciências, se existe consenso sobre a importância da educação científica na sociedade atual, há também concordância sobre a ineficiência da maioria dos sistemas educacionais em promover um acesso igualitário e significativo aos conhecimentos científicos (MORTIMER et al., 2012).

Um dos motivos apontados para essa ineficiência se deve ao fato de o processo de ensino não levar em consideração os significados alternativos que são atribuídos pelos indivíduos a conceitos centrais das ciências, como, por exemplo, “força” e “calor” (MORTIMER; AMARAL, 2001). Para esses autores, a aprendizagem de ciências corresponde não à memorização de um conjunto de conceitos abstratos, mas à construção de significados que são utilizados para

interpretar a realidade. Dessa maneira, há de se considerar que a ciência não é uma forma homogênea de conhecer e falar, mas uma maneira em meio a outras de ver e interpretar o mundo. Por essa razão, em um mesmo indivíduo, diferentes significados para um mesmo conceito podem coexistir e ser utilizados em diferentes contextos.

Nesse sentido, as pesquisas sobre perfis conceituais têm se mostrado úteis para a Educação em Ciências, pois auxiliam na proposição de um processo de ensino voltado para a valorização das diversas concepções que podem ser atribuídas a um conceito. Assim, esse modelo propicia um aprendizado que colabora para a construção de uma visão mais adequada da ciência e sua diferenciação na utilização de conceitos em contextos científicos, tecnológicos e cotidianos, pois proporciona uma maneira de entender o ensino e a aprendizagem das ciências mais sensíveis às diversidades culturais e mais factíveis. Nessa proposta, não temos como objetivo deslocar ou substituir visões de um conceito que são reforçadas a cada momento por nossa linguagem cotidiana ou profissional, mas tomar consciência dos usos de um conceito em diferentes contextos.

Segundo a teoria dos perfis conceituais, a aprendizagem de ciências envolve dois processos interligados: (i) ser introduzido a novas zonas de um perfil e (ii) tomar consciência desse perfil, relacionando as diversas zonas, de uso cotidiano e profissional, com a de uso em contextos científicos. Tomar consciência das diferentes zonas do perfil pode favorecer a autonomia no uso do conceito devido ao domínio de diferentes significados a ele associados. (MORTIMER et al., 2012).

Para propor o modelo de construção dos perfis conceituais, Mortimer (1995/2000) procurou integrar os perfis conceituais em um referencial teórico que trata a aprendizagem de ciência como aprendizagem da linguagem social da ciência por meio de interações discursivas, analisada a partir de uma perspectiva sociocultural. (MORTIMER; SCOTT, 2003). Nessa perspectiva, a abordagem do perfil conceitual como uma ferramenta para analisar os modos de pensar e falar compartilha pressupostos das teorias de Bakhtin (1895/2000) e de Vigotski (1934/2001), no que diz respeito ao desenvolvimento das funções mentais superiores. Essas teorias são integradas numa síntese coerente, constituída por vários pressupostos compartilhados. Assim sendo, a fundamentação teórica dos perfis conceituais possui um horizonte teórico bastante amplo.

A incorporação das ideias de Bakhtin, nessa perspectiva analítica, associando-se de certa forma às teorias de Vigotski, pode ser entendida considerando-se a semelhança entre eixos fundamentais na obra desses dois autores. Bakhtin aprofundou o estudo sobre as relações entre as ações dos sujeitos e os ambientes culturais, históricos e institucionais específicos proposto por Vigotski, que havia situado as interações verbais em um contexto mais restrito, considerando pares ou pequenos grupos, mas sem perder de vista a dimensão mais ampla do meio cultural e a perspectiva histórica. (WERTSCH; SMOLKA, 1995 apud MORTIMER et al., 2012).

Bakhtin, ao se ocupar dessas questões, situa a fala corrente em um contexto social mais amplo. Portanto, as noções de Bakhtin sobre as enunciações, as linguagens sociais e os gêneros do discurso, dentre outras, têm sido tomadas por alguns autores como uma ampliação da proposta esboçada por Vigotski, possibilitando ir além da análise das interações discursivas. (MORTIMER, 2000).

A abordagem do perfil conceitual defende uma perspectiva para o processo de conceituação e formação de conceitos como sendo atualizada quando colocada em uso, como proposto por Bakhtin em sua teoria de gêneros do discurso. Para Bakhtin, a comunicação verbal se dá por meio de enunciados (orais e escritos), concretos e únicos, que emergem das interações entre os integrantes de diferentes esferas da atividade humana. Os enunciados relacionam-se às especificidades de uma dada esfera da comunicação, as quais geram tipos relativamente estáveis de enunciados, que são denominados de gêneros do discurso. (BAKHTIN, 2000).

Apesar de a linguagem social estar relacionada a um ponto de vista específico determinado por uma posição social ou profissional, o gênero de discurso está relacionado ao lugar social e institucional onde o discurso é produzido. A abordagem do perfil conceitual considera, além disso, que a formação de conceitos deve ser encarada como um processo de conceituação, e não como um produto pronto e acabado.

1.2 As proposições de Vigotski

Para melhor compreender o modelo dos perfis conceituais, apresentamos alguns aspectos da teoria de Vigotski relacionada à formação de conceitos, a saber:

(i) distinção entre sentido e significado; (ii) a apropriação dos conceitos cotidianos para a construção dos conceitos científicos; e (iii) distinção entre os diferentes domínios genéticos a serem estudados para o entendimento de um determinado conceito.

1.2.1 As distinções entre sentido e significado e entre conceituações e conceitos

A utilização de um conceito por um indivíduo, objeto de estudo dos perfis conceituais, está relacionada à sua capacidade de criar "sentidos" e "significados" para uma mesma palavra quando esta é colocada em uso. Como proposto por Vigotski (1934/2001), a formação de um conceito possui uma dimensão heterogênea, pois um mesmo indivíduo, durante o processo de conceituação, cria sentidos e significados para uma mesma palavra.

O sentido de uma palavra é a soma de todos os fatos psicológicos que ela desperta em nossa consciência. Assim, o sentido é sempre uma formação dinâmica, fluida, complexa, que tem várias zonas de estabilidade variada. O significado é apenas uma dessas zonas do sentido que a palavra adquire no contexto de algum discurso e, ademais, uma zona mais estável, uniforme e exata. Como se sabe, em contextos diferentes a palavra muda facilmente de sentido. O significado, ao contrário, é um ponto imóvel e imutável que permanece estável em todas as mudanças de sentido da palavra em diferentes contextos. (VIGOTSKI, 2001, p. 465).

Assim sendo, o sentido é uma entidade pessoal e, certamente, a mesma pessoa constrói sentidos diversos para uma palavra, em diferentes circunstâncias. Já os significados são estabilizados e compartilhados culturalmente por diversos indivíduos. Entender a distinção entre sentidos e significados atribuídos às palavras é um importante aspecto constitutivo do pensamento e da formação de um conceito.

De acordo com essa forma de entendimento de conceitos e do processo de conceituação, considerando a influência restritiva de significados socialmente estabilizados sobre o processo da produção de sentido, nos tornamos capazes de pensar conceitualmente. (MORTIMER; AMARAL, 2001).

A significação, nessa perspectiva, não se esgota no significado da palavra. Vigotski estabelece uma distinção entre sentido e significado que é fundamental para compreendermos sua visão da significação. O sentido é concebido como uma formação fluida e dinâmica, com várias zonas de estabilidade, que sempre se

modifica em função do contexto. Já o significado é a mais estável e precisa dessas zonas, permanecendo relativamente constante nas mudanças de sentido da palavra.

Em geral, conceitos são tratados pela literatura sobre mudança conceitual como tendo uma existência duradoura, independente do contexto de uso, devido a suas estruturas internas mais ou menos fixas. (VOSNIADOU; VAMVAKOUSSI & SKOPELITI, 2008). Na nossa visão, ao contrário, falamos em conceituação como o processo pelo qual as pessoas chegam a formular conceitos no processo mesmo de usá-los. Se para o conceito “cachorro” parece realmente que possuímos uma estrutura mental com os diferentes significados estabilizados que atribuímos à palavra – por exemplo, qualquer cão; indivíduo canalha; cachorro-quente –, o mesmo não se aplica a conceitos científicos mais complexos, como por exemplo o de entropia.

Um professor experiente sabe muito bem que, para ministrar aulas sobre alguns determinados conceitos, deverá rever anteriormente algumas de suas características – tais como definições, fórmulas e exemplos de problemas– para não cometer confusões durante a aula. Como esse conceito se determina também pelas relações que mantém com outros conceitos – uma característica dos conceitos científicos a qual Vigotski denomina sistematicidade –, não há como reter na memória todos os detalhes de suas características. Assim, cada vez que esse professor vai ministrar aulas sobre entropia ele precisa reconstruir as relações que constituem esse conceito e sua relação com outros conceitos, como, por exemplo, entalpia, energia livre, trabalho, calor, etc. É nesse sentido que falamos de conceituação como um processo, pois a cada vez que usamos um conceito, esse processo é posto em prática e pode trazer novas nuances para o significado desse conceito e certamente para os seus sentidos.

Considerando as conceituações como o processo de formação dos conceitos e os conceitos como algo interno e descontextualizado, bem como o significado produzido culturalmente e o sentido atribuído pelo indivíduo, o processo de aprendizagem pode desenvolver diferentes formas de conceituar os objetos e eventos, dependendo do contexto. A abordagem de perfil compartilha dessa vertente filosófica, considerando o sentido como sendo atribuído pelo indivíduo e o significado como socialmente construído. Dessa forma, as pessoas apresentam diferentes maneiras de ver e conceituar o mundo, e diferentes modos de pensar são

utilizados em diferentes contextos. (MORTIMER, 1995/ 2000). Os perfis conceituais são construídos para um conceito dado e são constituídos por várias zonas, cada uma representando um determinado modo de pensar sobre esse conceito, relacionado a um modo particular de falar. (MORTIMER et al., 2009).

Perfis conceituais podem ser vistos como modelos para a heterogeneidade de modos de pensamento disponíveis para pessoas em uma variedade de contextos e domínios. (MORTIMER, 1995/2000). Heterogeneidade de pensamento significa que em qualquer cultura, e em todo indivíduo, existe não uma forma homogênea de pensamento, mas diferentes tipos de raciocínio verbal, que estão relacionados com os significados construídos socialmente e atribuídos aos conceitos. A determinação das zonas que definem um perfil conceitual é proposta a partir de significados culturalmente estabilizados para um conceito, uma vez que nos interessa verificar quais os significados são mais comumente utilizados por determinado grupo de indivíduos, em determinado grupo social.

1.2.2 Os conceitos cotidianos e os conceitos científicos

Vigotski estabelece uma diferença entre os processos de aprendizagem de conceitos na vida cotidiana – chamados conceitos cotidianos – e na escola – chamados conceitos científicos.

Nos ambientes cotidianos a aprendizagem acontece naturalmente, tanto por meio da observação direta de adultos ou pares mais experientes envolvidos em uma determinada atividade como nas trocas verbais que ocorrem normalmente durante essa atividade. Ainda assim, o adulto ou o par mais experiente certamente modifica o ritmo de suas ações para que o aprendiz as acompanhe. Por essa razão, a aprendizagem entre humanos não se limita à mera imitação, sendo ela intencional e mediada.

Na escola, os estudantes iniciam o aprendizado dos conceitos científicos. O desenvolvimento do pensamento conceitual exige que o indivíduo seja capaz de articular ideias para além do plano concreto-factual, operando também no plano lógico-abstrato. É necessário estabelecer relação do geral com o particular e do particular como o geral. Vigotski (2001) afirma que

O conceito pressupõe não só a combinação e a generalização de determinados elementos concretos da experiência, mas também a discriminação, a abstração e o isolamento de determinados elementos e, ainda, a habilidade de examinar esses elementos discriminados e abstraídos fora do vínculo concreto e factual em que são dados na experiência. (VIGOTSKI, 2001, p.220).

Vigotski afirma ainda que a transição do concreto para o abstrato não é menos difícil do que a transição do abstrato para o concreto. Aprender um conceito é ser capaz de executar tais operações.

Uma das preocupações centrais de Vigotski (2001), ao discutir a formação de conceitos, é com o papel mediador do outro e da palavra. O desenvolvimento de um conceito tem uma origem social e se faz primeiro na relação com o outro e, posteriormente, no próprio sujeito. Uma criança é guiada pela palavra do outro. Depois ela própria utiliza as palavras para orientar o seu pensamento. Assim sendo, não é possível, numa perspectiva vigotskiana, pensarmos a atividade mental desvinculada das condições reais de interlocução, que são determinadas pelo contexto histórico-cultural mais amplo. Inicialmente, uma palavra não tem significado fora do seu contexto e sem o papel indicativo do objeto. A significação da palavra não existe em si mesma como algo pronto, nem é única, lógica, abstrata e descontextualizada. A produção de conhecimento sobre o mundo é um processo mediado pelo outro e pela linguagem.

Para Wertsch (1988), os instrumentos linguísticos usados na mediação semiótica estão ancorados no papel potencial que a linguagem possui para ser usada em uma reflexão abstrata e descontextualizada. Embora Wertsch tenha dado em sua investigação destaque ao papel da descontextualização implícito na linguagem, especialmente em relação à descontextualização do significado, ele considera que uma parte da organização linguística tem suas raízes na contextualização. Wertsch constrói esse argumento a partir das proposições de Vigotski:

A explicação de Vigotski sobre os instrumentos linguísticos usados na mediação semiótica parte das tendências opostas existentes, segundo ele, na organização das línguas humanas. Por um lado, a linguagem tem potencial para ser usada na reflexão abstrata, descontextualizada. Esta premissa subjaz a sua análise sobre o desenvolvimento conceitual, a categorização, o silogismo e o raciocínio científico. Ao considerar esse aspecto de sua investigação destacou o potencial para a descontextualização implícita na linguagem, especialmente com relação à descontextualização do “significado”. Por outro lado, uma parte da

organização linguística tem suas raízes na contextualização. Com relação a isto, Vigotski introduziu a função indicativa da fala e estudou a maneira em que a estrutura e interpretação dos signos linguísticos dependem de suas relações com o contexto em que estes aparecem. Este aspecto de sua análise semiótica proporciona os fundamentos para sua explicação da fala interna, baseando-se em sua noção de “sentido”. (WERTSCH, 1988, p. 109-110).

Na visão de Wertsch, tanto a contextualização como a descontextualização são aspectos constitutivos importantes na construção e organização da linguagem. A contextualização está ligada ao sentido, à fala interna. A descontextualização está ligada ao significado, à generalização. À medida que o indivíduo vai realizando um desenvolvimento conceitual e uma capacidade de raciocínio abstrato, vai se tornando capaz de descontextualizar o significado da palavra dos objetos mediacionais e de realizar generalizações.

Wertsch apresenta ainda que para Vigotski a descontextualização dos instrumentos de mediação desempenha um papel fundamental na sua concepção da história social e na ontogênese de um conceito. Assim sendo, embora a contextualização e a descontextualização possam parecer pressupostos contraditórios de tendências opostas, elas atuam simultaneamente na determinação e estrutura da fala. A produção de sentidos parece estar dominada por contextos específicos, e a descontextualização faz-se presente à medida que novos significados são estabilizados pelo sujeito e este se torna capaz de realizar generalizações e operar de forma simbólica.

Na educação em ciências, um exemplo que podemos apresentar de processos de contextualização e descontextualização na química seria o tratamento dado à reação química da fita de magnésio quando submetida ao processo de combustão. Se for solicitada uma descrição desse fenômeno a um aluno que vê esse experimento pela primeira vez, possivelmente, este dirá que, ao queimar uma fita metálica, esta produz luz e um pó branco. A explicação é totalmente vinculada à evidência, ou seja, contextualizada. Após estudar reações químicas e propriedades do magnésio, o mesmo aluno poderá atribuir esse processo de produção de luz durante a combustão à transformação do magnésio em óxido de magnésio em presença de oxigênio. É possível ainda representar o processo por meio de uma reação química a partir do fenômeno. Tanto o entendimento quanto a representação da equação química exige uma descontextualização dos meios mediacionais, pois a queima, algo contextualizado nas evidências, é tratada como uma combustão na

presença de oxigênio. Na representação pela equação química, a luz muito brilhante, algo espetacular no fenômeno, nem aparece diretamente.

Embora o processo de descontextualização seja necessário para a produção de abstrações, é no contexto que as palavras ganham sentido. Além disso, no caso da elaboração conceitual, Vigotski (1934/2001) propôs que, da mesma maneira que a criança não inventa o significado das palavras, ela também não tem um acesso direto aos seus significados convencionais: é apenas no contexto das interlocuções com outros membros de seu grupo cultural que as significações das palavras se produzem.

Nesse contexto, a proposição dos perfis conceituais possibilita o entendimento dos significados de determinados conceitos. Aprender ciência envolve ainda aprender a linguagem social da ciência, ou, pelo menos, alguma forma dessa linguagem social. (MORTIMER; SCOTT, 2003). Nesses termos, o indivíduo só será capaz de compreender e aprender conceitos científicos por meio da negociação de seus significados dentro de seu ponto de vista, geralmente, organizado em torno de visões não científicas.

Para Vigotski, o ensino direto de conceitos científicos sempre se mostra impossível e pedagogicamente estéril, pois tenta substituir a apreensão do conhecimento vivo pela apreensão de esquemas verbais mortos e vazios. Ele destaca ainda a impossibilidade da transmissão simples e direta do conceito, do significado de uma palavra, de uma pessoa a outra. Supondo que o aprendiz não disponha de nenhum conceito que a palavra exprime, no momento em que o indivíduo toma conhecimento do significado de uma nova palavra, o processo de entendimento do conceito não termina, está apenas começando. É necessário que o aprendiz aplique o novo conceito e torne-se capaz de operar com ele, que adquira autonomia para contextualizar, ressignificar e realizar abstrações e generalizações.

Por essa razão, Vigotski defende que os conceitos científicos pertencem a um sistema e a um modo especial de ver e compreender o mundo e, como tal, não devem ser apresentados como ideias fragmentadas e isoladas. O sentido dos conceitos científicos emerge tanto de suas relações com outros conceitos e com as ideias cotidianas, quanto de sua aplicação a contextos adequados.

A abordagem do perfil conceitual mantém a ideia de que, para desenvolver um entendimento conceitual da ciência, é necessário estabelecer relações entre

significados científicos e cotidianos para as mesmas palavras. Outro aspecto importante da abordagem de perfil conceitual reside na proposição de uma estreita relação entre os modos de pensar e formas de falar. Nesse sentido, modos não científicos de pensar e de dar significado não são considerados como "inferiores", mas como culturalmente adequados para algumas, mas não todas, esferas da vida em que podemos agir e falar. Isso implica também que conceitos científicos são certamente mais adequados em algumas esferas da vida e, por isso, devem ser apropriados pelos indivíduos. (MORTIMER et al., 2012).

1.2.3 Os diferentes domínios genéticos

James Wertsch (1988) apresenta os três temas que constituem o núcleo da estrutura teórica de Vigotski:

- A crença no método genético evolutivo;
- A tese de que os processos psicológicos superiores têm sua origem em processos sociais;
- A tese de que os processos mentais podem ser entendidos somente mediante a compreensão dos instrumentos e signos, que atuam como mediadores.

A partir dessa estrutura, Vigotski buscou explicar como o indivíduo se desenvolve por meio da aprendizagem que ocorre nas interações sociais e como as características tipicamente humanas do comportamento se desenvolvem, ao longo da história do homem, levando em conta as interações sociais, tanto as mais imediatas quanto as mais amplas.

Para compreender o desenvolvimento de funções mentais superiores, como a atenção voluntária, a memória lógica, a capacidade de abstração, o controle consciente das ações e a capacidade de pensar conceitualmente, é necessário estudá-las em diferentes domínios genéticos. Tais domínios são a filogênese, a ontogênese e a história sociocultural. Vigotski estudou ainda a gênese de funções mentais superiores em curtos espaços de tempo, algo que Wertsch (1988) denominou microgênese.

O *domínio filogenético* considera que a história da evolução do homem define limites e possibilidades do seu funcionamento psicológico. Esse estudo filogenético toma por base como a evolução da espécie humana, e de seu cérebro, propiciou a capacidade de falar, aprender, armazenar e transmitir conhecimento. Já o *domínio ontogenético* investiga a história da evolução do indivíduo e de sua trajetória, do nascer, se desenvolver, reproduzir e morrer, como evolui nesse organismo a capacidade de aprendizagem, uma vez que o ritmo e a capacidade de aprendizagem na criança são diferentes em relação ao adulto. O *domínio sociocultural* considera como a história cultural do meio em que o indivíduo está inserido influencia na sua aprendizagem. Nesse aspecto, é necessário compreender o homem como ser social, que aprende em interação com seus pares. No domínio *microgenético*, determinado conceito pode ser aprendido pelo indivíduo em um curto período, por um “*insight*”, bem como a sua utilização em diferentes contextos também depende dessa percepção. Na aprendizagem do conceito, o aspecto microscópico do desenvolvimento é responsável pela singularidade de cada indivíduo, pois cada experiência é única, assim como a sua aprendizagem.

Para a construção do perfil conceitual de um determinado conceito, também é necessário considerar os diferentes domínios genéticos para a formação de um conceito. O principal princípio que guia a pesquisa das possíveis zonas que constituem um perfil específico, conforme relatado por Mortimer e outros (2012), é a máxima vigotskiana de que, para se estudar a gênese de um conceito, é preciso buscar desenvolver um quadro completo dessa gênese, estudando-se a formação de um conceito nos domínios *ontogenético*, *sociocultural* e *microgenético*.

Deve-se estudar como se deu a gênese de um conceito no domínio da história sociocultural, ou seja, como o conceito evoluiu com a história da humanidade e como a história cultural do meio em que o indivíduo está inserido influencia na sua aprendizagem. Ao mesmo tempo, devem-se buscar também os estudos que nos dizem como esse conceito é aprendido e como evolui ao longo da história de cada indivíduo, lidando, neste caso, com o domínio ontogenético. Finalmente, devemos associar esses estudos em dois domínios bem mapeados com um terceiro domínio, que lida com os nossos próprios estudos empíricos sobre como ocorre o uso desse conceito em diferentes situações, o que conforma os domínios microgenético e ontogenético, pois, apesar de termos oportunidade de ver

microgênese de conceitos nessas situações, vamos ter contato com conceitos que foram desenvolvidos na sua ontogênese.

Pretendemos, neste trabalho, refinar as zonas do perfil conceitual de calor proposto na literatura e investigar como as zonas desse perfil são utilizadas por comunidades que trabalham com esse conceito profissionalmente: técnicos que trabalham com refrigeração de ambientes e bombeiros militares. Dessa maneira, poderemos comparar os dados obtidos nessas comunidades para evidenciar as diferenças de utilização do perfil por essas diferentes comunidades socioculturalmente situadas. A nossa hipótese inicial é que uma mesma esfera da sociedade compartilhe sentidos semelhantes para determinado conceito e que esferas diferentes possam apresentar sentidos diferentes.

Como o processo de conceituação do calor e a sua utilização como conceito dependem do desenvolvimento histórico e cultural de determinada comunidade, seu emprego poderá fazer uso de diferentes linguagens sociais. Assim, um técnico em refrigeração poderá empregar o conceito valendo-se de uma linguagem técnica, mas não necessariamente acadêmica, quando estiver comunicando esse conceito para seus pares ou outros setores na sua vida profissional. Ou poderá, ainda, usar o conceito de calor numa linguagem cotidiana, ligado a problemas práticos que ele enfrenta quando da instalação de sistemas de refrigeração. Podemos, dessa forma, relacionar o conceito a um ponto de vista específico, determinado pela posição profissional ou pessoal, que caracteriza a linguagem social, e pelo lugar social e institucional onde esse discurso é produzido, o que caracteriza o uso de enunciados relativamente estáveis, que constituem os gêneros de discurso. (BAKHTIN, 2000).

Dessas considerações, podemos inferir que, ao responder ao instrumento de coleta de dados, como um questionário ou uma entrevista, por exemplo, o sujeito vai lançar mão de uma linguagem social típica do lugar de onde ele fala e também, de certa forma, considerando enunciados específicos da sua condição acadêmica e/ou escolar. Buscar esses “modos de falar” é uma das tarefas fundamentais para se determinar as categorias que compõem as diferentes zonas de um perfil conceitual.

Cada um dos questionários elaborados para essa pesquisa (APÊNDICES 3 e 4) contém 11 itens, todos dissertativos e elaborados de acordo com a comunidade analisada. Esses questionários foram elaborados após o acompanhamento presencial de algumas aulas e a leitura de algum manual de cada comunidade. O

objetivo era imergir no discurso dessa comunidade e elaborar questões que contemplassem seu modo de falar sobre calor. Apenas dois itens foram idênticos para ambas as comunidades: “Para você, o que é calor?” e “Como você explica a utilização de uma blusa de lã pelas pessoas para diminuir a sensação de frio?”.

Segundo Silva (2006), um questionário contendo um maior número e uma maior diversidade de questões abertas permite uma forma mais eficiente de trabalhar com um instrumento de pesquisa sobre as zonas do perfil conceitual, pois proporcionaria a mobilização cognitiva do entrevistado de acordo com um amplo espectro de noções, possibilitando a ele expressar um maior número de zonas ou significados que constituem o seu perfil.

Assim como Coutinho (2005) e Silva (2006) utilizaram em seus trabalhos, como primeira questão para investigar o perfil conceitual de vida, a pergunta “Para você, o que é vida?”, utilizamos neste trabalho uma primeira questão semelhante: “Para você, o que é calor?”. Acreditamos que uma questão dessa natureza permite ao entrevistado escrever da forma mais aberta possível, utilizando diversas zonas do perfil, de acordo com seu entendimento sobre o assunto.

Assim sendo, com o questionário buscamos investigar, em cada comunidade de prática, a utilização de diferentes zonas do perfil conceitual de calor, a partir do uso de diferentes perguntas.

1.3 O conceito de calor

O estudo do calor é um dos mais antigos realizados pela ciência. O fogo, considerado fenômeno de manifestação do calor, foi uma das primeiras e mais apreciadas conquistas do homem. Há evidências de sua utilização a partir do “Homem de Neandertal”, cerca de 300.000 anos atrás. O fogo sempre despertou no homem medo, respeito e admiração. (SCHURMANN, 1946; GOMES, 2012).

Mas, afinal, o que é calor? Esse conceito assume diversos significados ao longo da história das ciências e, também, no cotidiano de cada um de nós. Ao consultar, em um conhecido dicionário da língua portuguesa, o verbete calor⁸, obtemos os seguintes significados:

⁸ Extraído do Aurélio em aplicativo de telefone celular.

CALOR - *sm* (Do lat. *calore*) 1. Sensação que se experimenta, em ambiente aquecido (pelo sol ou artificialmente), ou junto de um objeto quente e/ou que aquece. 2. Calma. 3. Qualidade ou estado de quente; quentura. 4. *Fig* Animação, vivacidade. 5. *Fig* Afabilidade, cordialidade. 6. *Fig* Sentimento de estima e/ou solidariedade. 7. *Fís* Forma de energia que se transfere de um sistema para outro em virtude de uma diferença de temperatura existente entre os dois, e que se distingue das outras formas de energia porque, com o trabalho, só se manifesta num processo de transformação. 8. *Bras.* S. Brio, coragem. 9. *Bras.* *MG* V. Cio

Podemos perceber que os significados atribuídos pelo dicionário para o conceito de calor são diversos, desde cotidianos até científicos. Portanto, não há uma resposta que seja única para a pergunta “o que é calor?”.

Outro conceito fundamental para o estudo de fenômenos térmicos é o de temperatura. As noções de “quente” e “frio” são evidentemente muito antigas, bem como o conhecimento de que, pondo em contato um corpo quente com outro frio, o que está frio esquenta, enquanto o que está quente esfria. Contudo, a distinção pela ciência de calor e temperatura é, relativamente, recente.

Os conceitos mais fundamentais na descrição dos fenômenos térmicos são temperatura e calor. Foi necessário um tempo inacreditavelmente longo da história da ciência para que esses conceitos fossem distinguidos, mas uma vez feita essa distinção, resultou em rápido progresso. (EINSTEIN; INFELD, 1980, p. 39-40).

Para a ciência, calor e temperatura são conceitos diferentes. O calor é definido como uma grandeza extensiva, pois é determinado considerando-se a massa do corpo (ou sistema) e pode ser definido como sendo a energia transferida de um sistema para outro, quando há uma diferença de temperatura entre eles. Já temperatura é uma grandeza intensiva e independente da massa. É também uma grandeza média escalar e macroscópica, necessária, juntamente com o volume e a pressão, para determinar o estado físico de um corpo. A temperatura está associada, microscopicamente, à energia cinética média das partículas de um corpo. (SILVA, 1995).

Ao longo da história das ciências, muitas foram as explicações dadas para os fenômenos de transferência de calor, assim como também muitos foram os significados atribuídos ao calor e que fazem parte do desenvolvimento ontológico e da construção social desse conceito (AGUIAR JR., 2001).

Para desenvolver a análise da utilização do perfil conceitual de calor, apresentamos algumas considerações sobre a construção desse conceito ao longo

da história da ciência. A partir de diversas leituras, percebemos que cinco formas de apresentação do calor ao longo da história são realmente importantes para o nosso trabalho e serão discutidas nesta seção, que são as ideias de calor como: (1) sensação térmica; (2) temperatura; (3) substância; (4) movimento; e (5) energia.

Outra forma de abordar o calor é tratá-lo com atribuições de algo “vivo”, considerando-o uma entidade que se movimenta por suas próprias forças, o que caracteriza uma visão animista. O comportamento animista é atribuído ao objeto ou material que “deseja” receber ou perder calor. Contudo, as ideias animistas para o calor aparecem associadas à ideia de calor como uma substância que pode penetrar os materiais, o que torna difícil uma distinção entre os caracteres animista e substancialista do conceito. (AMARAL; MORTIMER, 2001). Por essa razão, apresentaremos a forma de falar animista para o calor associada à forma substancialista.

1.3.1 *Calor como sensação térmica*

As ideias mais primitivas de calor são aquelas nascidas das sensações de quente e de frio. Possivelmente, a percepção do calor como a sensação de quente se dá a partir da descoberta do fogo. Desde que o ser humano surgiu na face da Terra, deparou-se com estranhos fenômenos que hoje dizemos estarem ligados ao conceito de energia. Dentre eles, possivelmente, o fogo foi o mais impressionante.

A importância do fogo para os seres humanos foi tal que diferentes mitologias fizeram relatos dele. Os antigos gregos, por exemplo, consideravam-no propriedade dos deuses. Dominá-lo significava dar um grande passo para lidar com a escuridão, o frio e outras situações pouco confortáveis impostas pela natureza. O fogo passa a ser utilizado como uma arma e como uma fonte de energia, para espantar animais, para se aquecer e para a transformação dos materiais. (OLIVEIRA; SANTOS, 1998).

Durante muitos séculos, não se distinguia a ideia de calor do próprio fogo. Foi Platão (427-347 a.C.) quem propôs uma distinção entre a causa e seu efeito, apresentando o fogo como “elemento que penetra a matéria” e calor como “movimento das pequenas partes da matéria”. (SCHURMANN, 1946).

A experiência imediata da sensação térmica de quente e de frio ao toque de vários materiais foi utilizada para estimar a “quantidade de calor” presente no corpo por muitos e muitos séculos. Iniciou-se, assim, a construção da noção de "carga" de calor presente nos corpos. Essa percepção ignora a existência de uma temperatura ambiente e do equilíbrio térmico entre corpos que não são fontes calor. A avaliação de que, por exemplo, o metal é frio e a madeira mais quente que ele demonstra uma compreensão de que a temperatura é uma característica inerente aos materiais. Nessa perspectiva, existem dois tipos de entidade, de naturezas opostas, para caracterizar o “calor”: a quente e a fria. Além disso, o calor é considerado como sendo diretamente proporcional à temperatura. (AMARAL; MORTIMER, 2001/1998).

Um ponto importante para elucidar e desenvolver o conceito de calor como sendo diferente de sensação térmica e de temperatura foi a invenção do termômetro, fornecendo meios para o desenvolvimento não apenas de medições termométricas, mas de uma ciência totalmente nova. (ROLLER, 1960).

Nos resultados deste trabalho veremos que, mesmo para os sujeitos que utilizam termômetros para medições de temperatura em sua atividade profissional, a perspectiva do calor como sendo igual ou proporcional à sensação térmica não é abandonada. A estimativa da quantidade de calor existente em um ambiente a partir das sensações térmicas pode ser considerada uma importante utilização das variantes do conceito de calor no desenvolvimento dos trabalhos em que estarão envolvidos os técnicos de refrigeração e os bombeiros militares. Ambos os profissionais necessitam estimar as condições de um determinado ambiente e, conseqüentemente, utilizam as sensações térmicas para examinar (i) o “conforto” em um determinado local que está sendo condicionado ou (ii) os riscos da produção de calor para a aproximação humana em um local incendiado.

Além das teorias propostas para o calor como um produto das sensações térmicas, na construção desse conceito, houve duas correntes concomitantes que procuravam explicar o calor: uma associada à ideia de substância, um fluido capaz de penetrar em outros corpos; e outra associada à proposição do calor como um movimento das partículas do corpo. (SOUZA, 2007; CINDRA; TEIXEIRA, 2004; SILVA, 1995; SCHURMANN, 1946; TATON, 1960; ROLLER, 1950). Essas proposições foram denominadas de teorias substancialista e mecanicista para o

calor e serão tratadas a seguir. No entanto, antes trataremos da proposição do calor como sendo a própria temperatura.

1.3.2 *Calor como temperatura*

A ideia de temperatura é atribuída primeiramente a Galeno (129-200), consistindo em uma tentativa de estabelecer um padrão de medida para a mistura entre o quente e o frio no corpo humano. Esse padrão torna-se muito popular entre médicos do Ocidente, como a medida de calor ou frio. (SILVA, 1995). O termo Temperatura tem sua origem do Latim *temperare*, “misturar corretamente, regular, moderar”. No começo, seu uso não tinha semelhança com o sentido atual, pois começou a ser usada por Boyle, em 1670, com o sentido de “estado de calor ou de frio”.⁹

Os estudos quantitativos de fenômenos relacionados com o calor só se tornaram possíveis após a invenção do termômetro. As primeiras formas de termômetro têm seu registro no século XVI. Contudo, eles parecem ter sido inventados muito antes, durante o período helênico, na Alexandria. (ROLLER, 1950). Embora tenham sido inventados alguns equipamentos que utilizassem a expansão do ar aquecido, por exemplo, com o mesmo princípio de funcionamento dos termômetros durante o período helênico, a ideia de adaptá-los com o propósito de indicar “graus de aquecimento” não ocorreu na antiguidade. Não se sabe com exatidão quem foi o primeiro a propor a realização de medidas de temperatura, mas atribui-se a Galileu Galilei (1564-1642) os primeiros equipamentos com esse propósito. (CASTRO, 1993).

A partir do século XVI, cientistas como Galileu (por volta de 1592), Sanctorius (1612), Bacon (1620), Torricelli e Otto de Guericke (1672) esforçaram-se para construir equipamentos capazes de medir a temperatura dos corpos. Todos esses termômetros utilizavam como princípio para o funcionamento, assim como nos dias atuais, a dilatação térmica de líquidos e gases. Esses primeiros equipamentos eram

⁹ Extraído de “Origem da palavra - site de etimologia”. Disponível em <<http://origemdapalavra.com.br/palavras/temperatura/>>. acesso em 04 de novembro de 2013.

pouco exatos, especialmente porque eram sensíveis à pressão atmosférica e constituíam mais termoscópios¹⁰ que termômetros. (TATON, 1960).

Santório (1612) foi o primeiro a indicar dois pontos de temperatura em sua escala: a neve e a chama de uma vela. Posteriormente (1665), Robert Boyle (1627-1691), Robert Hooke (1635-1703) e Christiaan Huygens (1629-1695) propuseram, independentemente, um ponto fixo para a calibração do termômetro. Esse ponto deveria ser determinado experimentalmente e, a partir disso, criar uma escala com “grau”, de acordo com a contração ou expansão do material. O método de calibração considerando dois pontos fixos surge entre 1669 e 1694, nos termômetros de Florença, em que o espaço entre duas marcas fixas é dividido em certo número de partes iguais, ou “graus”. (ROLLER, 1950; CASTRO, 1993).

Foi só a partir de 1717 que Daniel Fahrenheit (1686-1736) começou a construir os seus aparelhos, que ficaram famosos exatamente pela possibilidade de fazer medidas iguais repetidas vezes (SILVA, 1995; ROLLER, 1950; LAIDLER, 1993). Além de empregar o mercúrio como líquido termométrico, Fahrenheit solucionou completamente o problema da escala termométrica ao defini-la por meio de dois pontos fixos fáceis de serem reproduzidos. O zero seria uma mistura refrigerante específica, e o outro ponto seria a temperatura de ebulição da água. Em 1730, René Antoine F. Reaumur (1683-1757) propôs outra escala cujos pontos fixos seriam a fusão do gelo (0°R) e a ebulição da água (80°R). Mais tarde, em 1742, Celsius (1701-1744), propôs uma nova escala que dividia em 100 graus a diferença entre as temperaturas de fusão e ebulição da água, ao nível do mar. (TATON, 1960; CASTRO, 1993).

Após a construção dos termômetros, o segundo grande passo na teoria do calor consistiu na distinção entre temperatura e quantidade de calor, avanço que devemos a Joseph Black (1728-1799), em 1760. Antes de Black, acreditava-se que, se dois corpos estivessem em contato, no momento em que atingissem a mesma temperatura, eles teriam a mesma quantidade de calor. (CASTRO, 1993). Para ele, o calor seria um fluido material e o aquecimento ou resfriamento de um corpo se

¹⁰ Instrumento composto de uma esfera oca de vidro conectada a um tubo de vidro e que permite avaliar qualitativamente o aumento ou a diminuição de temperatura, por meio do deslocamento de substância termométrica no interior do tubo capilar. Devido à pressão atmosférica atuante sobre a superfície da água, esta sobe pelo tubo, formando uma coluna d'água. Aquecendo o bulbo com a mão, o ar expandirá, empurrando a água para baixo. O aparelho não possuía graduação em forma de escala e a medida da temperatura era feita pelo acompanhamento das variações da altura da coluna d'água.

daria pela acumulação ou perda desse fluido. Black propõe ainda que a quantidade desse fluido é uma grandeza mensurável, distinta da quantidade medida no termômetro. A unidade dessa grandeza refere-se à quantidade de calor que é necessário fornecer a uma massa determinada de um corpo de referência, arbitrariamente escolhido, para elevar sua temperatura em 1°C. Para desvencilhar-se da arbitrariedade do corpo, surge a ideia de calor específico. (TATON, 1960). Falaremos um pouco mais sobre as ideias de calor como fluido material na próxima seção, em que trataremos o calor como sendo uma substância.

O uso do termômetro e a ideia de calor específico trazem consigo a contradição entre as medidas realizadas e as sensações térmicas. Agora, era conhecido o fato de que, embora um bloco de metal e um de madeira apresentassem sensações térmicas diferentes, quando expostos ao mesmo ambiente, eles teriam a mesma temperatura. Essa evidência colabora para a mudança do conceito de calor, uma vez que o experimentador encontra a mesma temperatura para todos os objetos em um ambiente e esse resultado contraria as noções do senso comum. Nesse contexto, as sensações de quente e frio não podem mais ser associadas diretamente à temperatura. Ainda hoje, a temperatura é vista por muitos como a medida de calor de um corpo, e o calor é diretamente associado às altas temperaturas. (SILVA, 1995; MORTIMER; AMARAL, 1998).

A nossa hipótese inicial na pesquisa é que os sujeitos que trabalham com a refrigeração de ambientes e para os bombeiros militares, a utilização do conceito de calor como sendo idêntico à temperatura estará muito presente. A estimativa da quantidade de calor existente em um ambiente é realizada a partir da avaliação direta do aumento ou da diminuição da temperatura.

Essas relações estabelecidas entre calor e temperatura apontam para a influência da maneira como lidamos com o calor na vida cotidiana. É muito comum, e perfeitamente aceitável no dia a dia, que o calor seja associado às coisas quentes e às altas temperaturas, e o frio tenha uma conotação contrária e inversa. Esse tratamento equivale a tratar o calor (e o frio) como sendo equivalente à temperatura. Independentemente da formação e do nível de escolarização, todos nós dizemos que faz calor quando a temperatura ambiente está alta, ou quando praticamos atividades físicas. Essa forma de se referir ao calor faz com que seja feita a

associação direta do calor à ideia de temperaturas elevadas, e de frio às baixas temperaturas.

1.3.3 Calor como substância

O tratamento do calor como substância é proposto desde os filósofos gregos, quando as explicações de que um único elemento era o responsável pelas várias manifestações e transformações da matéria tornaram-se insuficientes. Empédocles (492-432 a.C.) propôs uma teoria para a constituição da matéria, conhecida como Teoria dos Quatro Elementos: água, ar, fogo e terra. Esses elementos, indestrutíveis e eternos, se uniam e se separavam mediante duas forças: o amor e o ódio. Esses quatro elementos agregados ao éter, quinto elemento proposto por Aristóteles (384-322 a.C.), foram aceitos como sendo os constituintes da matéria por vários séculos. É importante ainda considerar que Aristóteles sempre falava da matéria como composto por uma matéria primordial (amorfa) e um princípio antitético (água, ar, etc.). (SILVA, 1995; MORTIMER, 1997).

Ainda na Grécia antiga, Leucipo (500-430 a.C.) e Demócrito (460-370 a.C.) propuseram que a matéria era composta por diminutos átomos e o calor era atribuído aos átomos móveis que escapavam incessantemente dos corpos muito quentes. Platão (427-347 a.C.) apresentou o fogo como um elemento que poderia penetrar nos corpos e colocar suas partículas em movimento, o que por sua vez faria com que estas se separassem. Ao ser esfriado, afastando-se do fogo, o ar iria expulsar o fogo do corpo e comprimiria novamente as suas partículas. (HOPPE apud SILVA, 1995).

Tanto na obra de Platão como na de Aristóteles, há menções de que o movimento produz calor. Para este último, porém, “o calor não é constituído a partir do movimento, mas a partir do éter, excitado pelo sol ou pelas estrelas, produto do calor”. (HOPPE apud SILVA, 1995).

Lucrécio (aproximadamente 95-55 a.C.), na obra *De Rerum Natura*, propõe duas substâncias distintas: o calor, que está no sol, e o frio, que está nos rios. O fogo seria composto por uma substância sutil que poderia transferir-se pelos poros da matéria. Teorias que apresentaram o calor e o frio como substâncias persistiram até o século XVIII. (SILVA, 1995).

Já nas proposições da filosofia grega, buscava-se distinguir entre a causa, o fogo que penetra na matéria, e o efeito. O calor seria o movimento das pequenas partículas da matéria. Aristóteles considerava que o calor (ou fogo) era formado por partículas extraordinariamente pequenas, em movimento. Teorias mecanicistas e substancialistas do calor caminharam juntas por muitos séculos, sem que houvesse controvérsias de interpretações. A noção de movimento se refere às partículas ígneas que constituíam o fogo, considerado, portanto, uma substância. (SCHURMANN, 1946; SILVA, 1995).

Kepler (1571-1630) considerava o calor como um estado de movimento das partes dos corpos e Galileu (1564-1642), ao contrário de Kepler e de forma análoga a Aristóteles, acreditava que o calor era uma espécie de fluido, havendo, assim, o quente, o frio, o úmido e o seco. (HOPPE apud SILVA, 1995).

Durante o século XVII, vários pesquisadores e filósofos consideraram que calor, frio, luz, eletricidade e magnetismo eram fluidos imponderáveis, distintos entre si e que poderiam penetrar os corpos. Para as transformações envolvendo o calor, nesse período, houve o predomínio da teoria do flogisto (ou flogístico). (SCHURMANN, 1946).

A teoria do flogístico, proposta por Stahl (1660-1734), tinha por objetivo explicar os fenômenos químicos. O flogístico foi por diversas vezes confundido com o calórico, termo que designava “o elemento, distinto do fogo e da luz, que se manifesta por calor quando penetra a matéria”. O flogístico só foi abandonado na química a partir dos trabalhos de Lavoisier (1743-1794) (SCHURMANN, 1946).

No auge das teorias substancialistas, Joseph Black (1728-1799) realiza importantes estudos entre 1760 e 1770. O fato de um objeto próximo ao fogo aquecer-se é algo que, certamente, era conhecido desde que o homem descobriu o fogo. Mas Black começa a investigar como, porque e o que seria esse “algo” que passa do fogo para o objeto. Num primeiro momento, esse “algo” poderia ter sido proposto como sendo a própria temperatura. Até as descobertas de Black, as pessoas não faziam uma distinção clara entre os conceitos de “quantidade de calor”, “grau de aquecimento” ou “temperatura”. A ideia qualitativa de “calor” como “alguma coisa” relacionada com fenômenos térmicos certamente já existia há muito tempo. Mas esse algo, que passa de um corpo para outro, poderia ter sido pensado como sendo a temperatura ou o próprio grau de aquecimento. Também poderia ser

alguma coisa separada, chamada de "calor". O calor e o conseqüente aumento na temperatura do objeto parecem desempenhar os respectivos papéis de causa e efeito. (ROLLER, 1950, p. 18).

Esses esclarecimentos apenas puderam ser iniciados após a invenção do termômetro. Esse equipamento permitiu perceber algumas propriedades térmicas como, por exemplo, as diferenças de sensações ao tocar uma madeira e um metal. A partir da invenção do termômetro, ficou evidente que essas sensações não representavam diferenças de temperaturas. Essas evidências começaram proporcionar a distinção entre temperatura e calor. Em meados do século XVIII, Black propõe que calor seria uma quantidade física mensurável e distinta, embora relacionado com a quantidade indicada por um termômetro. A essas marcas na escala do termômetro ele deu o nome de temperatura. (ROLLER, 1950).

Black afirma ainda que não é difícil perceber que o calor se difunde do corpo mais quente para o mais frio, até ser distribuído de tal forma que se atinja um estado de equilíbrio. Ele nunca publicou suas descobertas, apesar de discuti-las em suas conferências acadêmicas. Seus manuscritos foram reunidos e publicados em 1803, após sua morte, com o título "*Lectures on the elements of chemistry*", por John Robison, um de seus estudantes e assistente. (ROLLER, 1950). Nas palavras de Black:

Esse equilíbrio é um tanto curioso. Descobrimos que, quando toda a ação mútua é terminada, um termômetro aplicado a qualquer um dos corpos sofre o mesmo grau de expansão. Portanto, a temperatura de todos eles é a mesma. Nenhum conhecimento anterior, da peculiar relação de cada corpo ao calor, poderia ter nos garantido isso, e devemos a descoberta inteiramente ao termômetro. Desse modo, devemos adotar como uma das leis mais gerais do calor, o princípio de que todos os corpos comunicando-se livremente com outro, e expostos a nenhuma desigualdade de ação externa, adquirem a mesma temperatura, como indicado por um termômetro. Todos adquirem a temperatura do meio circundante. (BLACK apud GOMES, 2012, p. 1034).

Black também era contrário à suposição de que a quantidade de calor necessária para aumentar de um mesmo valor a temperatura de objetos feitos com materiais diferentes é diretamente proporcional às suas quantidades de matéria, ou aos seus pesos, ou, caso os volumes sejam iguais, às suas densidades.

Essa opinião foi-me sugerida por um experimento descrito pelo Dr. Boerhaave em seu *Elementa Chemicæ* [1732]. Após relatar uma experiência

com a mistura de água quente e fria que Fahrenheit fez conforme o seu desejo, Boerhaave também nos diz que Fahrenheit agitou juntos mercúrio e água, de temperaturas iniciais diferentes. Dos cálculos do Médico, é bastante claro que o mercúrio, embora tenha mais de 13 vezes a densidade da água, tinha menos efeito no aquecimento ou esfriamento da água, com a qual ele foi misturado, do que teria sido produzido por igual volume de água. Ele diz expressamente que o mercúrio, ao ser aplicado quente na água fria, ou frio na água quente, nunca produziu mais efeito no aquecimento ou resfriamento do que teria sido produzido por um volume igual de água misturado com água da mesma temperatura inicial do mercúrio, mas com apenas dois terços de seu volume. Acrescenta que é necessário misturar três volumes de mercúrio com dois de água a fim de produzir a mesma temperatura média que é produzida pela mistura de iguais volumes água quente e fria. (BLACK apud GOMES, 2012, p. 1035).

Por meio da experimentação com a mistura de mercúrio e água, Black percebe que a mesma quantidade de calor provoca uma maior variação de temperatura, ao aquecer o mercúrio, do que igual volume de água, o que leva Black a concluir: “[...] Mercúrio, portanto, tem menos capacidade para calor (se me é permitido usar essa expressão) que tem a água; uma menor quantidade de calor é necessária para elevar sua temperatura no mesmo número de graus”. (BLACK apud ROLLER, p. 24, tradução GOMES, 2012, p. 1035).

A partir desses experimentos, Black propõe, em consonância com a comunidade científica da época, o conceito de calor como substância. Como tal, não poderia ser criado nem destruído, seguindo o princípio da conservação da matéria:

[...] (i) **que o calor não é nem criado nem destruído durante a mistura** e (ii) que deve-se levar em conta qualquer calor perdido ou ganho do ar ou de outros corpos em contato com a mistura. A primeira dessas hipóteses é chamada de "princípio da conservação do calor". Como veremos, no devido tempo, na época de Black, esse princípio parecia ser plausível, havendo a crença geral que **o calor era uma substância material**, tendo muitas das propriedades da matéria ordinária, e, desde o tempo dos gregos, **a ideia de que a matéria era incriável e indestrutível persistiu [...]**. (ROLLER apud GOMES, 2012, p. 1037).

Esses estudos, fundamentados em resultados experimentais, levaram Black a propor (i) conservação do calor; (ii) seu tratamento como substância; (iii) o conceito de calor latente; (iv) a fazer considerações sobre o conceito de calor específico; e (v) a propor a importante distinção entre temperatura e calor. Embora Black não tenha sido o primeiro a tratar calor como substância, seu principal mérito está na medida precisa das quantidades de calor envolvidas nos fenômenos, o que permitiu um salto qualitativo e quantitativo nos trabalhos posteriores. (ROLLER, 1950; SILVA, 1995; GOMES, 2012).

A partir dos estudos de Black, Lavoisier propõe um nome para essa substância: Calórico. O primeiro artigo em que Lavoisier apresenta uma discussão detalhada de sua teoria de calor foi enviado à “*Académie Royale des Sciences*” francesa em setembro de 1777, e lido em julho de 1778, com o seguinte título: “*De la combinaison de la matière du feu avec les fluides évaporables, et de la formation des fluides élastiques aëriiformes*”. (GOMES, 2012, p.1042).

Nas palavras de Lavoisier:

Assumirei neste ensaio, e naqueles que o seguem, que o mundo que habitamos está cercado por todos os lados de um fluido muito sutil, que penetra, ao que parece, sem exceção, todos os corpos que o compõem; que esse fluido, que chamarei fluido ígneo, matéria do fogo, calor e luz, tende a atingir o equilíbrio em todos os corpos, mas não penetra todos com igual facilidade; finalmente, que esse fluido existe ora em um estado de liberdade, ora sob forma fixa, e combinado com os corpos. Essa opinião sobre a existência de um fluido ígneo, longe de ser nova, é, ao contrário, a da maioria dos antigos físicos, portanto, creio que se pode dispensar de relatar os fatos sobre os quais ela é baseada; a sequência do ensaio, aliás, lhe servirá de prova; pois, se eu notar que em todos os lugares ela concorda com os fenômenos, que em toda parte, ela explica tudo o que acontece nas experiências físicas e químicas, isso é quase uma demonstração. (LAVOISIER apud GOMES, 2012, p. 1042).

Nesse trecho, Lavoisier se mostra indiferente à terminologia usada para designar o “fluido sutil”. Porém, em 1787, no “*Méthode de nomenclature chimique*”, em que ele foi um dos autores juntamente com Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), Jean-Henri Hassenfratz (1755-1827), Antoine-François Fourcroy (1755-1809), Pierre-Auguste Adet (1767-1848) e Claude Louis Berthollet (1748-1822), aparece a palavra “*calorique*” para essa substância sutil. (GOMES, 2012).

Na sua obra *Tratado Elementar da Química* (1789/2007), Lavoisier fala sobre o calórico:

Em consequência, designamos a causa do calor, o fluido eminentemente elástico que a produz, pelo nome de calórico. Independentemente dessa expressão realizar nosso objetivo no sistema que adotamos, ela tem outra vantagem, a de poder adaptar-se a todos os tipos de opinião. Já que, rigorosamente falando, não somos de modo algum obrigados a supor que o calórico seja uma matéria real: ele basta, como se perceberá melhor pela leitura do que vai se seguir, que isso seja uma causa repulsiva qualquer que afasta as moléculas da matéria e se pode, assim, vislumbrar os seus efeitos de maneira abstrata e matemática. (LAVOISIER, 1789/2007, p. 30).

Para Lavoisier, as moléculas de um corpo definem seu estado físico obedecendo duas forças, uma atrativa e outra repulsiva, que se equilibram. Se a

atração é a força vitoriosa, o corpo fica no estado sólido. Se, ao contrário, o calórico separou as moléculas do corpo umas das outras, elas ficarão fora da esfera de atração e o corpo deixa de ser sólido. O calórico seria esse fluido sutil que penetra pelos poros das substâncias, sendo capaz de tornar um mesmo corpo em sólido, líquido ou em fluido aeriforme, de acordo com a quantidade de calórico presente ou “conforme a força repulsiva do calórico esteja igual à atração das suas moléculas ou mais forte, ou mais fraca, do que ela”. (LAVOISIER, 1789/2007, p. 31).

Para explicar como o calórico age na matéria para mudar seu estado físico, ele apresenta o seguinte argumento:

Vimos que as moléculas de todos os corpos da natureza estão em equilíbrio entre a atração, que tende a aproximá-las e reuni-las, e os esforços do calórico, que tendem a separá-las. Assim, não apenas o calórico envolve todas as partes do corpo, mas ainda preenche os intervalos que as suas moléculas deixam entre elas. Formar-se-á uma ideia dessas disposições, imaginando-se um frasco cheio de pequenas esferas de chumbo no qual se verte um pó muito fino, como a areia: concebe-se que essa substância se espalhará uniformemente nos intervalos que as esferas deixam entre si e os preencherá. As esferas, nesse exemplo, fazem com o pó o que as moléculas dos corpos fazem com o calórico; com a diferença de que, no exemplo citado, as esferas se tocam, ao contrário das moléculas dos corpos que, sempre são mantidas a uma pequena distância umas das outras pelo esforço do calórico. (LAVOISIER, 1789/2007, p. 35).

Lavoisier ressalta que o calórico tem propriedades de substância ao utilizar outra analogia para defini-lo. Ele compara o calórico à água, que é capaz de encharcar uma madeira em maior ou menor proporção, de acordo com a sua porosidade. A partir desse exemplo, Lavoisier propõe os conceitos de *calórico livre*, *calórico combinado*, *calórico específico*, *capacidade de conter o calórico*. Conceitua ainda o próprio *calor*.

O *calórico livre* seria aquele que não participa de nenhuma combinação com a matéria. Mas como o calórico apresenta uma capacidade de aderência à matéria, nunca existirá no estado de liberdade absoluta. Já o *calórico combinado* seria aquele unido ao corpo pela força de afinidade ou atração, tratando-se de uma parte da sua substância. O *calórico específico* trata-se da quantidade de calórico necessária para elevar, em um mesmo número de graus, a temperatura de diferentes corpos de mesmo peso. O calórico específico está relacionado à *capacidade para conter o calórico*. Esta, por sua vez, relaciona-se à distância entre as moléculas do corpo e à

sua maior ou menor aderência ao calórico, o que faz variar o *calórico específico* de uma matéria para outra.

Lavoisier distingue ainda o *calor* do *calórico*:

O *calor*, considerado sensação ou, em outros termos, o calor sensível, é o reflexo produzido sobre os órgãos pela passagem do calórico que se solta dos corpos próximos. Em geral, só o sentimos por um movimento qualquer, e se poderia colocar um axioma, *sem movimento, sem sensação*. Esse princípio geral se aplica à sensação de frio e de calor: assim que tocamos um corpo frio, o calórico que tende a pôr-se em equilíbrio em todos os corpos passa da nossa mão para os corpos que tocamos, e experimentamos a sensação de frio. O efeito contrário ocorre quando tocamos um corpo quente; o calórico passa do corpo para nossa mão, e temos a sensação de calor. Se os corpos e a mão têm o mesmo grau de temperatura, ou quase o mesmo, não experimentamos sensação, nem de frio nem de calor, porque não há movimento, não há transporte de calórico e, mais uma vez, não há sensação sem movimento que a ocasione. (LAVOISIER, 1789/2007, p. 37).

Podemos perceber que, para Lavoisier, há uma distinção clara entre calórico, uma substância presente nos corpos que pode penetrar outros próximos, e o calor, uma sensação ocasionada pelo recebimento ou perda de calórico. Nesse trecho, Lavoisier considera ainda o sentido do fluxo de calórico e o princípio do equilíbrio térmico entre os corpos.

Gomes (2012) afirma que a concepção sobre a natureza do calórico variava de cientista para cientista, mas o ponto de vista de Lavoisier não se diferenciava, em muitos aspectos, das teorias de outros reconhecidos caloristas como Herman Boerhaave (1668-1738), Pieter van Musschenbroek (1692-1761), Joseph Black (1728-1799), William Cleghorn (1718-1754), William Irvine (1743-1787) e Adair Crawford (1748-1795). Gomes (2012) reúne os postulados dos diversos caloristas para as propriedades ao calórico:

- a) é uma substância material, um fluido elástico, constituído por partículas que se repelem fortemente;
- b) suas partículas são atraídas pelas partículas da matéria comum com intensidade diferente para cada substância e estado de agregação;
- c) pode ser sensível, espalhando-se pelos espaços vazios das substâncias até formar, por meio da atração que existe entre suas partículas e as da matéria ordinária, uma espécie de “atmosfera” ao redor dessas últimas. A temperatura de um corpo é diretamente proporcional à quantidade de calórico sensível que possui;
- d) pode ser latente, combinando-se com as partículas da matéria comum de forma semelhante ao que ocorre com as combinações químicas, ao contrário da justaposição que acontece com o calórico sensível;
- e) não pode ser criado ou destruído;
- f) têm um peso desprezível. (GOMES, 2012, p. 1045).

A teoria do calórico apresentou um poder explicativo refinado no período de 1760 a 1850, mesmo tendo recebido críticas dos próprios caloristas e dos defensores das teorias mecanicistas para o calor. Dentre os principais opositores, o mais lembrado é Sir Benjamin Thompson, Conde de Rumford, (1753-1814). (ROLLER, 1950; GOMES, 2012). Apresentaremos na próxima seção as proposições e experimentos realizados por Conde de Rumford para buscar medir o peso do calor e que o levaram a contrapor a existência do calórico e a propor ideias mecanicistas sobre o calor.

Podemos perceber que foram muitos os cientistas que, ao longo da história das ciências, atribuíram ao calor propriedades substancialistas, mesmo após o declínio da teoria do calórico. O próprio Sadi Carnot (1796-1832), na tentativa de explicar as máquinas a vapor, chegou a fazer a analogia do calor, um fluido que passaria de um corpo mais quente para outro mais frio, com a água. Esta escoaria entre dois recipientes conectados que se encontravam em níveis diferentes em termos de altura da sua coluna, até que os níveis nos dois recipientes fossem iguais. (CASTRO, 1993).

Embora na química moderna não sejam mais atribuídas ao calor as propriedades de uma substância, o substancialismo ainda está vivo na linguagem cotidiana e sobrevive na linguagem química. Para Bachelard (1996), a ideia material do calor, caracterizada por ele como um *obstáculo substancialista*, constitui em um dos mais difíceis desafios epistemológicos a ser superado, pois se apoia numa ideia de fácil compreensão e utilização.

Bachelard (1937/2012) afirma ainda que o calor é associado diretamente a temperaturas elevadas e ao fogo. Na tentativa de explicar o fogo, as concepções animistas e substancialistas encontram-se misturadas de uma maneira inextricável. Como o fogo, ao contrário da eletricidade, não encontrou sua ciência, permaneceu no espírito pré-científico como um fenômeno complexo que tem a ver com a química e a biologia ao mesmo tempo. Por isso, na busca de entender o fogo, Bachelard também estudou essas concepções em sua confusão.

As definições de “Calor latente de fusão” e “capacidade calorífica” são exemplos da substancialização da energia na linguagem da química. Outra observação dessa utilização pode ser constatada quando nos referimos a alimentos

ou a combustíveis como materiais que têm energia armazenada nas suas ligações químicas. (MORTIMER; AMARAL, 1998/2001; MORTIMER, 1997).

A utilização do calor como substância continua eficaz ainda hoje para os problemas de isolamento térmico, por exemplo. Nesse contexto, trata-se o calor como uma substância que se desloca pelo ambiente. Essas concepções utilizadas por engenheiros ou técnicos de refrigeração não podem ser tidas como errôneas ou alternativas, ainda que elas possam induzir, como sistema de pensamento, o substancialismo (AMARAL; MORTIMER, 2001). Contudo, essa visão dificulta que se compreenda a equivalência entre calor e trabalho mecânico. A substancialização, tanto do calor como da eletricidade, só é considerada comparável à ruptura criada pela passagem do qualitativo para o quantitativo, por meio da realização de medidas. (ASTOLFI; DEVELAY, 2008).

A proposição do calor como sendo uma substância presente nos corpos, sendo capaz de lhes conferir propriedades de ser quente ou frio, é importante para a utilização desse conceito nos processos em que estarão envolvidos os técnicos de refrigeração e os bombeiros militares. Os processos de transferência de “calor” ou de “frio” também podem estar relacionados à ideia de calor como uma substância com capacidade de penetrar a matéria. A interpretação do calor como algo material, como características de um fluido, de uma substância, continua ainda nos dias de hoje sendo utilizada para a operacionalização desse conceito, como veremos nos resultados deste trabalho.

Substancialismo, portanto, é um conceito importante, na perspectiva epistemológica, para a própria ciência. Sua importância reside no fato de que, embora se possa pensar que ele não faz mais parte da doutrina da química moderna, ele se mantém vivo na textura sutil da linguagem e práticas cotidianas da química. (MORTIMER, 1997).

1.3.4 Calor como movimento

Durante o século XVII, particularmente duas teorias vão sendo construídas e consolidadas: calor como fluido e calor como movimento. Por isso não é correto afirmar que nos fins do século XVIII toda a comunidade científica era partidária da teoria do calor como um fluido. Também não é correto afirmar que a concepção do

calor como movimento tenha sido introduzida por Rumford. Desde a antiguidade, conhecia-se o fato do atrito produzir calor. (CASTRO, 1993).

Embora os experimentos e argumentos propostos por Rumford fortalecessem a teoria dinâmica do calor, estes não foram suficientes para por fim à teoria do calórico. Os caloristas também atacavam os mecanicistas, uma vez que estes, por exemplo, também não explicavam como o calor se propagava no vácuo. Apesar de não haver uma unanimidade quanto aos fatores primordiais que levaram ao declínio da teoria do calórico, os historiadores da ciência propõem como fator de grande importância o advento da conservação da energia, substituindo a conservação do calórico. Outro marco pode ter sido o cálculo do equivalente mecânico do calor realizado por Mayer e Joule. (ROLLER, 1950; LAIDLER, 1993; GOMES, 1992).

[...] o resultado na década de 1820 não foi uma virada brusca para nossa teoria moderna vibracional, mas um período de agnosticismo largamente reconhecido no que diz respeito à natureza do calor, um período que se prolongou até a teoria do calórico ser finalmente abandonada por volta de 1850. Em virtude desse agnosticismo, não é de se surpreender que a teoria do calórico não foi um alvo fácil para os conservacionistas da energia; no meio do século ainda era tecnicamente a teoria prevalecente do calor, embora convencesse muito pouco. (FOX apud GOMES, 2012, p. 1063).

As teorias mecanicistas caminharam paralelamente às teorias substancialistas de calor e também foram cruciais para o desenvolvimento desse conceito. A teoria mecanicista considerava a matéria como algo particular e o calor como sendo uma troca de movimento entre essas partículas. (ASTOLFI, 2008).

Aristóteles (384-322 a.C.) via o calor como “um elemento oculto formado por partes em movimento perpétuo”. Tanto na obra de Platão como na de Aristóteles, há menções de que o movimento produz calor. Vários séculos depois, Roger Bacon (1214-1294) propõe que a causa do calor é o movimento interno dos corpos. Já Kepler (1571-1630) propõe teorias a favor do conceito do calor-movimento, pois, em sua opinião, havia no calor uma qualidade, uma propriedade e um efeito como o da luz, já que em ambos havia algo de material. Descartes (1596-1650) propôs também o calor como agitação de pequenas partes dos corpos. (SCHURMANN, 1946).

No século XVII, Isaac Newton (1642-1727) se declarou como um defensor do calor-movimento, declarando que o calor era resultado da vibração de um éter. Ele argumentava sobre a produção de calor quando se atritam dois corpos. Newton afirmou que o calor consistia num minúsculo movimento de vibração das partículas.

Para os defensores da teoria do calórico isso seria explicado pensando-se o calórico contido nos corpos como se fosse algo sendo espremido para fora, de forma análoga quando se espreme uma laranja. (PEREIRA; CARDOZO, 2005).

Em uma publicação conjunta de Lavoisier e Laplace (1748-1827), eles tentaram conciliar as duas teorias, o calórico e o movimento das partículas, afirmando que ambas as teorias poderiam explicar a natureza do calor. Contudo, Lavoisier fez medidas precisas de massas durante a combustão e verificou que a massa era constante, o que contestava de certa forma a materialidade do calor. (SHURMANN, 1946; BASSALO, 1992).

Castro (1993) apresenta as proposições de Lavoisier e Laplace:

Os físicos não estão de acordo quanto à natureza do calor. Uns consideram o calor como um fluido que penetra em toda a matéria e que, conforme sua temperatura e características particulares, obriga os corpos a conservá-lo. O calor pode se combinar com os corpos e parar de influenciar o termômetro; pode também se propagar de um corpo a outro – é o estado de calor livre. Outros físicos consideram o calor somente como o resultado de movimentos invisíveis das moléculas da matéria. Os espaços vazios entre moléculas lhes permitem vibrar em todos os sentidos. Este movimento invisível é o calor. Com bases no princípio da conservação da força viva pode-se exprimir esta definição: o calor é a força viva, quer dizer, a soma dos produtos da massa de cada molécula pelo quadrado da velocidade. (LAVOISIER; LAPLACE apud CASTRO, 1993, p. 27).

Os dois cientistas não se posicionavam em favor de nenhuma das duas hipóteses e explicavam alguns fenômenos pela teoria substancialista e outros e outros pela mecanicista. Assim sendo, terminavam por dizer que talvez ambas as teorias estivessem corretas. (CASTRO, 1993).

Bassalo (1992) apresenta outro trecho dessa publicação:

Os físicos estão divididos quanto à natureza do calor; uns pensam que se trata de um fluido [...] que penetra mais ou menos nos corpos conforme a sua temperatura e a sua disposição [...] outros pensam que o calor não é mais do que o resultado dos movimentos insensíveis das moléculas da matéria [...] não escolheremos entre as duas hipóteses precedentes [...] talvez ambas se verifiquem. (LAVOISIER; LAPLACE apud BASSALO, 1992, p. 31).

Bassalo (1992) defende ainda que Lavoisier inclinou-se mais pela hipótese "corpúscular" do calor, pois admitia a existência de um fluido que, dependendo de sua quantidade, formava um dos três estados da matéria. Essa "partícula" foi por ele denominada de calórico. Black era também partidário da teoria de que o calor era

um fluido imponderável e indestrutível. Laplace também aceitava a hipótese do calórico. No entanto, admitia a existência de forças intermoleculares para explicar suas propriedades.

Pouco depois, o Conde de Rumford propôs alguns experimentos sobre a natureza dinâmica do calor, sua contribuição mais famosa para a ciência. Embora tenha sido adepto das teorias substancialistas para o calor e contribuído para o desenvolvimento da teoria do calórico, suas observações experimentais contribuíram para a queda dessa teoria. (GOMES, 2012).

Enquanto atuava como engenheiro militar na construção e aperfeiçoamento das armas de fogo, Conde de Rumford observou que, ao perfurar um cano de canhão, este se aquecia. Ele atribuiu esse fato à limalha solta durante a perfuração, que liberaria o calórico. Contudo, entrou no debate sobre a existência do calórico em um dos seus pontos mais frágeis: o peso dessa substância. Muitos experimentos até então confirmavam a alteração de peso nos corpos quando estes eram aquecidos ou resfriados. Outros não mostravam nenhuma modificação. Dúvidas pairavam sobre a qualidade das medidas efetuadas. Conde de Rumford procurou refazer experimentos e apresenta ao longo de todo seu artigo todos os cuidados para obter resultados precisos. Após a realização de diversos experimentos, afirmou “que podemos concluir com segurança que todas as tentativas para descobrir qualquer efeito do calor sobre o peso aparente dos corpos serão infrutíferas”. (THOMPSON apud GOMES, 2012, p. 1057).

Gomes (2012) defende que o fato de a variação da temperatura não alterar o peso do corpo não é um argumento contundente para a derrubada da teoria do calórico, uma vez que muitos cientistas e filósofos do século XVIII acreditavam que o calórico, assim como a luz, a eletricidade e o magnetismo, era um fluido imponderável, não sujeito à ação gravitacional como a matéria comum.

O fato de o calor poder ser produzido por atrito sempre foi conhecido desde os tempos mais remotos. A grande contribuição de Rumford foi perceber que uma grande quantidade de calor era produzida mesmo quando a broca estava cega e não conseguia perfurar o cano e, portanto, não produzia limalha. Mesmo assim, o sistema continuava aquecendo e produzindo uma quantidade enorme de calor. (ROLLER, 1950; PEREIRA; CARDOZO, 2005; GOMES, 2012). Portanto, não era o

calórico que estava sendo liberado da limalha na forma de “calor latente” durante a abrasão.

Os resultados de Rumford foram praticamente ignorados até depois da sua morte. Na metade do século XIX, Julius Mayer (1814-1878) sugeriu que calor e trabalho fossem equivalentes e poderiam se transformar um no outro. Em 1842 Mayer, relata que, ao sacudir um frasco com água, conseguia elevar sua temperatura de 12 para 13 °C e ainda constatava o aumento de volume do líquido. Pergunta-se então: *"De onde veio esse calor que pode ser obtido quantas vezes se queira?"* Então se conclui: *"É a hipótese vibratória do calor"*. (SCHURMANN, 1946, p. 188-189). James Joule (1818-1889) fez medidas do “calor equivalente ao trabalho”, o que contribuiu para derrubar a teoria do calórico, ao mesmo tempo em que lançou o conceito de que o trabalho mecânico é o verdadeiro responsável pelo aparecimento do calor no ato de furar os canhões. (PEREIRA; CARDOZO, 2005; SILVA; 1995).

No final do século XIX, a teoria mecânica do calor ganhou novo impulso com os trabalhos de Maxwell (1831-1879) sobre a distribuição de velocidade das moléculas de um gás, e de Boltzmann (1844-1906), sobre a introdução da teoria das probabilidades. Além disso, Clausius (1822-1988) introduziu o conceito de entropia no estudo da teoria cinética dos gases. (SOUZA, 2007).

As proposições de calor como movimento também foram muito importantes para a construção desse conceito. Até os dias atuais elas estão presentes como um dos significados para o conceito de calor e podem ser observadas quando nos referimos à temperatura como energia interna de um corpo ou vibração das partículas que o constituem.

1.3.5 Calor como energia

A teoria do calor pensado como substância foi abandonada em favor da teoria do calor pensado como energia, principalmente por não poder explicar o aquecimento de objetos de outra maneira que não por meio de uma fonte de calor. O calórico não explicava, por exemplo, o aquecimento por atrito. (MORTIMER; AMARAL, 1998).

Julius Robert Von Mayer (1814-1878) foi o primeiro a propor o princípio de conservação de energia: "quando uma quantidade de energia de qualquer natureza desaparece em uma transformação, então se produz uma quantidade igual em grandeza de uma energia de outra natureza." (MAYER apud SILVA, 1995).

A teoria do calórico previa que quando um gás se expandia, sua temperatura diminuía porque o calórico se dispersava em um volume maior, mas permaneceria constante. Essa teoria não era capaz de explicar porque a temperatura do gás se mantinha constante em expansões livres¹¹. Para Mayer, a temperatura só diminuía quando o gás realizava trabalho mecânico sobre o pistão para expandir. Quando o gás se expandia livremente no vácuo, não haveria pressão oposta e, conseqüentemente, nenhum trabalho seria realizado. Sem a realização do trabalho não haveria alteração na temperatura. (CASTRO, 1993).

Mayer acreditada na indestrutibilidade e na conversibilidade da energia e argumenta que o calor deveria ser uma forma de movimento, sendo possível, portanto, encontrar uma quantidade de calor correspondente a uma dada força. Dessa forma, ele propõe o cálculo do equivalente mecânico do calor. Contudo, não consegue chegar ao formalismo matemático exigido na época, mas propõe a ideia de que o calor desaparece quando realiza trabalho mecânico. O trabalho de Mayer não foi muito considerado na época devido à sua abordagem qualitativa, que não convenciona os pesquisadores da época. Por essa razão, muitos historiadores apontam James Prescott Joule (1818-1889) como o descobridor da equivalência entre calor e trabalho. (CASTRO, 1993).

Os resultados experimentais da conversão de diversas formas de energia em calor obtidos por Joule de 1837 a 1847 foram melhorados e forneceram a mesma quantidade de calor a partir de uma dada quantidade de energia, não importando a maneira como esta era produzida, o que direcionou para a teoria da conservação da energia (a Primeira Lei da Termodinâmica). A agitação do mercúrio, o atrito de anéis de ferro em banhos de mercúrio ou a transformação de energia elétrica em calor num fio imerso em água sempre levavam à mesma proporcionalidade entre as formas de energia: esse valor é hoje conhecido como "equivalente mecânico do

¹¹ O aumento do volume mediante expansão livre implica, em vista da primeira lei da termodinâmica, a manutenção da energia interna do sistema, visto que as fronteiras são obviamente subentendidas adiabáticas. Para um gás ideal, tal condição também implica um aumento isotérmico do volume, ou seja, as temperaturas final e inicial do sistema composto por um gás ideal serão as mesmas quando o processo envolvido é uma expansão livre.

calor” (4,18 joules/caloria) determinado por Joule. O calor então passou a ser definido como uma forma de energia em movimento. (PEREIRA; CARDOZO, 2005).

O conceito de energia, que foi se consolidando a partir do fim da década de 1840, finalmente pôde servir como elemento de ligação entre a mecânica e a termodinâmica. (GOMES, 1992).

A compreensão do calor como uma forma de energia é bastante difícil para a maioria das pessoas e, por essa razão, é acompanhada de inúmeros significados. O maior problema com o conceito de energia é ser este um conceito puramente teórico. A energia não pode ser medida e nem definida operacionalmente. (SOUZA, 2007; CHEMELLO, 2006; SILVA, 1995). Não podemos medir a energia associada ao movimento de um carro, nem a energia que será liberada numa transformação química. Só podemos calculá-la a partir de quantidades observáveis, tais como velocidades, massas, distâncias, cargas elétricas, temperaturas, etc. (SOUZA, 2007).

O termo “energia” está relacionado com força ou trabalho. Em 1807, o físico inglês Thomas Young (1773-1829) propôs que a energia fosse definida como a capacidade para realizar trabalho, conceito que é até hoje amplamente utilizado na física. Contudo, pode-se perceber que essa definição nada diz sobre a natureza mais específica da energia, sobretudo da energia envolvida nas transformações químicas. (SOUZA, 2007).

Outro problema comum ao trabalhar o conceito de energia é o fato de a conservação da energia ser associada à concepção de armazenamento da energia no interior de um sistema. Decorrem dessa concepção alguns termos frequentemente utilizados para se referir ao calor como energia, tais como transferência de calor, condução de calor, absorção e liberação de calor. Essa forma de se referir ao calor provém da época em que o calor era considerado uma substância que penetrava os corpos e, portanto, podia ser transferida, conduzida, absorvida, liberada. Por outro lado, as ideias de capacidade calorífica e calor específico estavam vinculadas às capacidades de contenção do calórico pelos sistemas. Outros termos como caloria, calor sensível e calor latente também têm vínculos com a teoria do calórico. (SILVA apud SOUZA, 2007).

Gomes (1992) apresenta, como resultado para a análise dos textos de oito livros didáticos de Física sobre física térmica e termodinâmica, que várias

expressões corriqueiras nos textos dos livros de física atuais são similares aos dos antigos adeptos da teoria substancialista do calor, tais como: calor “cedido”, “absorvido”, “recebido”, “ganho”, “perdido”, “liberado”, “transferência” e “trocas de calor”. Outro aspecto que Gomes também destaca é que, dos oito livros analisados, seis apresentam um breve resumo histórico da evolução do conceito de calor e todos alertaram, mesmo que em poucas palavras, que o calor não pode ser interpretado como algo contido nos corpos. Mesmo os autores de livros didáticos de física estando cientes de que o calor não deve ser associado a um fluido sutil, pelo desenvolvimento de suas ideias, Gomes defende que essa abordagem ainda é significativa para eles.

Nosso objetivo na presente seção foi discutir o desenvolvimento ontológico e sociocultural do conceito de calor e as origens de determinados significados e determinados usos. Apresentamos as ideias de calor como: (i) sensação; (ii) temperatura; (iii) substância; (iv) movimento; e (vi) energia. Há ainda significados híbridos, que mesclam o sentido de mais de uma dessas categorias.

A partir da observação do desenvolvimento histórico, da polissemia do conceito de calor e dos múltiplos significados atribuídos pelo estudante durante a construção e utilização desse conceito é que foi proposto por Amaral e Mortimer (2001/2004) o Perfil Conceitual de Calor, que será apresentado a seguir. Neste trabalho, pretendemos analisar a utilização das zonas do perfil conceitual para além dos âmbitos escolar e cotidiano, em duas comunidades socioculturalmente situadas que utilizam esse conceito no exercício da sua profissão: bombeiros militares e técnicos que trabalham com a refrigeração de ambientes.

1.4 O perfil conceitual de calor

Não há dúvidas da importância da abordagem do conceito de calor e outros a ele relacionados durante a escolarização e o ensino de ciências. Contudo, esse conceito é utilizado para além do âmbito escolar.

Uma pessoa com formação científica poderia rir da ingenuidade do pensamento infantil, capaz de inventar a entidade “frio” em contrapartida ao calor, e de distinguir duas formas de “energia” que podem fluir de um corpo ao outro: o calor e o frio. [...] No entanto, no seu cotidiano, essa pessoa continuará a usar esses conceitos de uma forma muito natural. Mesmo

porque soaria pedante alguém afirmar que "vestiu uma blusa de lã porque ela é um bom isolante térmico, impedindo que o corpo ceda calor para o ambiente". (MORTIMER, 1996).

Os conceitos de calor e frio continuam a ser utilizados com coerência em âmbitos cotidianos e profissionais, como veremos nos dados dessa pesquisa, mesmo por aqueles que possuem escolarização e formação em ciências.

Amaral e Mortimer (2001) estudaram o conceito de calor e propuseram zonas para o perfil conceitual de calor. Segundo os autores, as categorias estabelecidas poderão representar como as zonas estão vinculadas a compromissos epistemológicos e ontológicos distintos e apontam para possíveis obstáculos ao desenvolvimento do conceito científico. Os autores apresentam esses obstáculos e, para cada um deles, faz um estudo detalhado. A análise das ideias relacionadas ao conceito de calor permitiu a identificação dos obstáculos substancialista e animista, baseados nas proposições de Bachelard. (BACHELARD apud AMARAL; MORTIMER, 2001).

A partir desses estudos, os autores propõem cinco zonas para o perfil conceitual de calor, que adaptamos para utilizar nesta tese. Cada uma dessas zonas está vinculada, respectivamente, às seguintes proposições:

(1) calor como sensações térmicas: A ideia cotidiana de calor é, desde o início, relacionada à ideia de coisas quentes. Dessa forma, a noção básica e primeira no perfil conceitual de calor está relacionada com a sensação térmica de quentura. Os estudantes, normalmente, tendem a considerar dois tipos de "calor": o calor quente e calor frio. Assim sendo, nessa zona denominada pelos autores de realista, objetos quentes têm e transmitem o calor quente, e objetos frios também podem transferir o frio. Dessa maneira, estabelecem a temperatura como uma propriedade dos corpos, negando a existência de equilíbrio térmico. A sensação de calor e frio não produz necessariamente uma reflexão sobre a natureza do calor. Segundo os autores, nessa zona do perfil, os indivíduos apresentaram ideias de calor "quente" e calor "frio" e, dessa forma, pensam que o corpo quente possui calor e o corpo frio possui frio, podendo, conseqüentemente, haver processos de transferência de calor e de frio, o que não faz sentido no pensamento científico.

(2) calor animista: Nessa zona, pode ser feita atribuição de “vida” ao calor. Em outras palavras, o comportamento animista é atribuído ao objeto ou material que “deseja” receber ou perder calor. Os autores ressaltam que, em meio às ideias animistas, aparece a ideia de calor como uma substância que pode penetrar os materiais, o que torna difícil uma distinção entre o animismo e o substancialismo do conceito. Uma possível diferença é que, para a ideia animista, o calor seria pensado como substância viva. A ideia substancialista, que será apresentada a seguir, considera calor como uma substância inerte. Na visão animista, a chama pode ser considerada como uma substância viva, impregnada de um calor animista. Para Amaral e Mortimer, a utilização dos termos “quente” e “fria” como adjetivos para uma pessoa também pode ser considerada como um emprego animista para o conceito de calor.

(3) calor como substância: Nesse contexto, o calor é apresentado como uma substância, uma espécie de fluido, que pertence a um corpo e pode penetrar em outros. O frio teria uma conotação semelhante e contrária. Quando pensam no calor como transferência de energia, os alunos, algumas vezes, tratam-no como substância e usam expressões do tipo “fumaças”, “raios” ou “ondas”. Esses termos podem ter emergido da observação direta de alguns fenômenos, tais como a “fumaça” saindo de uma torradeira elétrica ou “ondas de calor” vindas do asfalto em um dia quente.

(4) calor como temperatura elevada: Temperatura, embora diferente de sensação térmica, continua a ser a medida de calor do corpo. Nessa Zona do perfil, o calor continua a ser associado com altas temperaturas. Contudo, as relações entre calor e temperatura encontradas nas ideias dos estudantes apontam para a influência da maneira como lidamos com o calor na vida cotidiana, de forma empírica: dizemos que faz calor quando a temperatura está alta, o que pode provocar muitas vezes a identificação de um conceito com o outro. A temperatura é utilizada como medida de calor. Os autores denominaram essa zona de empírica.

(5) calor como energia: Os autores apresentam essa zona do perfil, denominada de racionalista, como sendo a ideia de calor como proporcional à diferença de

temperatura entre dois corpos, ou seja, a energia relacionada ao movimento cinético de partículas microscópicas e o tratamento matemático do calor como uma dissipação de energia associada com o movimento molecular. A ideia da temperatura foi associada com a velocidade média das moléculas, o que permitiu a criação de uma nova escala de temperatura, a escala Kelvin, lidando com a temperatura absoluta. A ideia de calor como uma forma de energia presente em processos é uma categoria ontológica diferente de considerá-lo uma substância. Nessa zona, o calor é considerado como energia em trânsito.

Amaral e Mortimer (2001) ressaltam ainda que diferentes zonas desse perfil podem ser utilizadas nos diferentes contextos. Quando estamos em uma loja à procura de cobertores, por exemplo, a visão do senso comum é muito mais conveniente. Perguntar se há "um cobertor quente" é muito mais apropriado que pedir ao vendedor "um cobertor feito de um bom isolante térmico, que impede que o organismo perca calor para o ambiente". Mas, quando temos de escolher um tipo de copo para manter uma bebida fria, apenas a sensação térmica não é suficiente para fornecer uma explicação satisfatória, sendo o ponto de vista científico mais adequado. Considerando um copo de alumínio e outro de vidro, a visão do senso comum poderia levar o indivíduo a escolher o alumínio, uma vez que é ele "frio". O ponto de vista científico, por outro lado, nos ajuda a compreender que, como o alumínio é melhor condutor térmico do que o vidro (e, por isso, sente-se frio ao tocá-lo), a bebida vai atingir a temperatura ambiente em menos tempo no recipiente de alumínio do que no de vidro.

Segundo Mortimer e outros (2009), se o professor ajuda o aluno a tomar consciência de seu perfil conceitual de calor e temperatura depois de aprender o ponto de vista científico, ele pode compreender em que contextos da vida diária o ponto de vista científico poder ser melhor aplicado que o conceito cotidiano e vice-versa. Nesse sentido, o estudante pode tornar-se consciente do conceito científico de "calor" ou "aquecimento" como um processo de transferência de energia entre sistemas a diferentes temperaturas, mas não abandonar o conceito de calor como sendo equivalente à temperatura, por exemplo, ao avaliar a quentura de um corpo.

A abordagem do perfil conceitual poderá nos ajudar a compreender como um indivíduo pode vir a aplicar uma ideia científica de calor em algumas circunstâncias, mas não em todos os contextos de sua vida diária e de sua atuação profissional.

Estar ciente desses sentidos e conhecer o contexto em que cada um pode ser utilizado são tarefas em que a abordagem de perfil pode nos ajudar com êxito.

1.5 As comunidades de prática

Comunidade de prática¹² é um grupo particular de pessoas que trabalham juntas para achar meios de melhorar o que fazem, ou seja, na resolução de um problema na comunidade ou no aprendizado diário, por meio da interação regular.

Mas o que são comunidades de prática? Para Wenger e Snyder (2000), são grupos de pessoas informalmente ligados por experiência compartilhada e por uma *expertise*, como, por exemplo, engenheiros envolvidos em perfuração em águas profundas, consultores especializados em *marketing* estratégico ou bombeiros militares discutindo a linha de ação para combater um incêndio. Essas comunidades de prática podem se reunir regularmente ou estar ligadas por redes de *e-mail*. Podem ter agendas explícitas ou não. Todas essas comunidades, no entanto, compartilham sua experiência e conhecimento para promover novas abordagens de problemas que a comunidade necessita resolver.

Há três características básicas que definem um grupo como uma comunidade de prática: (1) **O domínio**: os membros que integram uma determinada comunidade de prática precisam ter compromisso com o grupo e compartilhar interesses e habilidades. Necessitam desenvolver competências que os diferenciem de outras pessoas; (2) **A comunidade**: precisa proporcionar interação, uma vez que aprender é um ato social. As pessoas na comunidade de prática são atores que buscam, juntos, formas de superar um problema; (3) **A prática**: os membros de uma comunidade de prática precisam desenvolver um repertório de experiências, histórias e ferramentas, as quais os qualificam para enfrentar certas situações-problemas que se tornem recorrentes. (WENGER, 1998/2001).

Assim sendo, comunidade de prática pode ser entendida como uma agregação informal, definida não apenas por seus membros, mas pela forma como eles compartilham significados, interpretam situações e realizam atividades. Lave e Wenger (1991) definem comunidade de prática como um conjunto de relações entre pessoas, atividades e o mundo. Para elas, a utilização desse termo deve considerar

¹² O termo foi criado por Jean Lave e Etienne Wenger em 1991.

duas fronteiras: (i) a histórica, que delimita as relações entre pessoas e lugares e se estabelece durante determinado período de tempo; e (ii) a do desenvolvimento, uma vez que a aquisição do conhecimento depende do desenvolvimento de habilidades na prática.

A partir desse conceito, pode-se compreender que o processo de construção do conhecimento tácito (informal) não está retido em uma estrutura cognitiva ou plano de ação, mas encontra-se nos costumes e nos hábitos sustentados coletivamente pelos membros de uma comunidade. Para Wenger (2001/2011) e Lave (2011), todos nós pertencemos a comunidades de prática, em casa, no trabalho, na escola: pertencemos a várias comunidades de prática a todo o momento, pois estas estão em toda parte e a aprendizagem se deriva da filiação a essas comunidades, uma vez que a aprendizagem é um ato social, dos sujeitos em interação.

Segundo Wenger, “todos temos nossas próprias teorias e maneiras de compreender o mundo e nossas comunidades de prática são lugares onde as desenvolvemos, as negociamos e as compartilhamos”. (WENGER, 1998/2001, p. 72). A prática é um processo pelo qual podemos experimentar o mundo e nosso envolvimento nele como algo que faça sentido.

Bolzani Júnior (2002) sintetiza alguns elementos que são essenciais para o funcionamento de uma comunidade de prática e engajamento dos seus membros:

- (1) **Tempo e Espaço:** Uma comunidade precisa estar presente na vida de seus membros e ser visível para eles. Estes precisam acompanhar o ritmo de eventos e rituais que reafirmam suas ligações e valores;
- (2) **Participação:** Os membros de uma comunidade de prática precisam interagir para construir sua prática compartilhada. A participação deve ser fácil;
- (3) **Criação de valores** de longo e curto prazo: As comunidades de prática desenvolvem-se a partir do valor que fornecem aos seus membros. Eles precisam se identificar com o domínio da comunidade, também em longo prazo;
- (4) **Conexões:** Os valores criados devem fazer conexões com o mundo, possibilitando diálogo com uma área mais ampla ou com outra comunidade com a qual seus membros se identificam com par;
- (5) **Identidade:** Pertencer a uma comunidade de prática é parte da identidade pessoal do sujeito;
- (6) **Pertencimento:** O valor do pertencimento não é apenas instrumental, mas também pessoal interagindo com colegas, desenvolvendo amizades, construindo confiança.

Há múltiplos níveis e tipos de participação, periférica e central, podendo-se formar subcomunidades em tomo de área de interesse; (7) **Desenvolvimento da comunidade:** As comunidades de prática evoluem conforme avançam através de estágios de desenvolvimento e estabelecem conexões com o/no mundo e, geralmente, possuem uma pessoa ou grupo nuclear que assume a responsabilidade por fazer a comunidade andar.

Lave e Wenger (1991) defendem que a aprendizagem situada concebe o fenômeno da aprendizagem como um processo denominado de legítima participação periférica, em que os aprendizes adquirem conhecimentos e habilidades quando passam a participar das práticas socioculturais de uma determinada comunidade de profissionais. O propósito de tal abordagem é explorar as relações concretas que existem entre as pessoas, sendo uma proposta para se compreender o fenômeno da aprendizagem. Partindo dessa ideia, os autores acreditam que a aprendizagem não é só situada na prática, mas é uma parte integral da prática social generalizada no mundo vivido. (LAVE; WENGER, 1991/2011).

Esses autores propõem ainda que as histórias podem ser mais poderosas na transmissão de ideias do que a explicação sobre a própria ideia. As representações abstratas não têm sentido se não forem propostas em situações específicas. Para elas, a formação ou aquisição de um princípio abstrato é por si só um evento específico, que ocorre em circunstâncias específicas. Saber uma regra geral, por si só, em nada garante que qualquer generalização possa ser utilizada em circunstâncias específicas. Nesse sentido, qualquer "poder de abstração" está completamente situado, na vida das pessoas e na cultura, e pode ser transmitido por meio das histórias. Essa concepção parte do pressuposto de que o conhecimento geral não é privilegiado em relação a outros "tipos" de conhecimento, que têm validade em circunstâncias específicas. Generalizações podem ser associadas à construção de representações, a partir de uma descontextualização. Mas representações abstratas são sem sentido, a não ser que sejam situadas. A generalização, como qualquer outra forma de conhecimento, está associada ao poder de renegociar o significado do passado e do futuro na construção do significado das circunstâncias presentes. (LAVE; WENGER, 1991/2011, p. 33-34).

Por essa razão, neste trabalho pretendemos analisar as narrativas construídas e utilizadas nas comunidades de prática para se referirem ao calor e ao

frio. Durante as aulas, ou mesmo atividades práticas, os sujeitos tendem a contar histórias, relatando problemas específicos dessa comunidade, o que possibilita a construção do conhecimento e a construção dos conceitos abstratos. A construção de narrativas será um aspecto abordado no próximo item do presente capítulo.

Os elementos apresentados para a definição de um grupo como sendo uma comunidade de prática nos fazem reconhecer os técnicos em refrigeração de ambientes e os bombeiros militares como comunidades de prática. Ambos os grupos possuem (i) um domínio bem definido, com características que os diferenciam de outros profissionais; (ii) uma comunidade que interage na busca da solução de problemas específicos da atuação profissional; e (iii) uma prática com experiências, histórias e ferramentas utilizadas para o enfrentamento de problemas específicos. Os bombeiros militares e os técnicos em refrigeração, enquanto membros dessas comunidades compartilham experiências e desenvolvem atividades específicas, em que ocorre a aprendizagem situada. Esses profissionais, além de atuarem em domínios bem definidos, também interagem e compartilham experiências profissionais por meio de histórias em que as vivências ajudarão outros membros do grupo no enfrentamento de situações-problema. Todos eles adquirem aprendizados de forma situada, em cursos específicos e durante a atuação profissional.

1.6 A construção de narrativas

Uma das primeiras formas, e mais naturais, pela qual organizamos nossa experiência e nosso conhecimento é por meio de uma história, de uma narrativa. Estamos tão acostumados à narrativa que esta nos parece natural como a própria linguagem. Essa característica nos permite considerar a narrativa essencial à elaboração de vivências pessoais e coletivas e para a construção do conhecimento, nos mais diversos contextos e espaços sociais. (BRUNER, 2001/2002).

Mas o que é uma narrativa? Bruner (2001) propõe que existem nas narrativas nove elementos universais: (1) **Uma estrutura de tempo consignada**: o tempo não é apresentado cronologicamente, mas a partir de eventos ou ações humanas mais importantes, mas respeitando começos, meios e fins; (2) **Particularidades genéricas**: a realização das narrativas se dá por meio das particularidades, e estas são construídas em gêneros ou tipos específicos (comédia, tragédia, ironia,

romance). Essa construção é essencial para extrair um sentido e uma representação de mundo, a partir de uma história; (3) **As ações têm motivos:** não ocorrem ao acaso, nem são determinadas por causa e efeito, mas por razões motivadas por crenças, desejos, valores, entre outros; (4) **Composição hermenêutica:** nenhuma história possui uma única interpretação e sempre existe a possibilidade de questionamento; (5) **Canonicidade implícita:** uma narrativa deve ir contra a expectativa ou desviar-se da “legitimidade”. Uma estratégia que pode ser utilizada é fazer parecer que o corriqueiro pareça estranho novamente; (6) **Ambiguidade de referência:** as narrativas são abertas a questionamentos. Muitas vezes expressam um sentido que não é direto, exigindo do ouvinte avaliação dos fatos contados; (7) **A centralidade do problema:** as histórias giram em torno de um problema (uma intriga¹³); (8) **Negociabilidade inerente:** existe espaço para contestação, para se contar e negociar versões de uma mesma história. Aceitamos mais facilmente versões concorrentes de uma história do que de argumentos ou provas; (9) **A extensibilidade histórica da narrativa:** O enredo, os personagens e o contexto de uma história parecem continuar a se expandir, validando-as e preservando sua identidade ao longo dos anos.

Uma narrativa envolve uma sequência de eventos que carregam um significado.

O “motivo” da narrativa é resolver o inesperado, eliminar a dúvida do ouvinte ou, de alguma forma, corrigir ou explicar o “desequilíbrio” que, antes de mais nada, fez com que a história fosse contada. Uma história, portanto, tem dois lados: uma sequência de eventos e uma avaliação implícita dos eventos contados. [...]

Você não pode explicar uma história; tudo que você pode fazer é dar a ela várias interpretações. Você pode *explicar* os corpos que caem fazendo referência à teoria da gravidade. Mas você só pode *interpretar* o que pode ter acontecido com o Sir Isaac Newton quando a lendária maçã caiu em sua cabeça no pomar. Então, nós dizemos que as teorias científicas ou as provas lógicas são julgadas por meio das verificações ou de testes ou, mais precisamente, por meio da sua capacidade de serem verificadas ou testadas –, ao passo que as histórias são julgadas com base em sua verossimilhança ou “semelhança com fatos da vida”. (BRUNER, 2001, p. 119).

Por se tratar de um discurso, a principal regra é que haja um motivo para que esse discurso rompa o silêncio. Para isso, além de um motivo, justificado pelo fato, a

¹³ Ação considerada como um conjunto de acontecimentos que se sucedem, segundo um princípio de casualidade, com vista a um desenlace. A intriga é uma ação fechada.

narrativa traz uma violação da canonicidade: ela conta algo inesperado ou algo de que o ouvinte possa duvidar, e exige desse ouvinte uma interpretação e um julgamento daquilo que está sendo narrado. Em uma narrativa é sempre importante a proposição de uma *intriga*, para que crie no leitor um processo de tensão, que será posteriormente resolvido, trazendo ao final uma *intenção moral*. (BRONCKART, 1999).

Bronckart (1999) destaca ainda a importância de distinguir as diferenças textuais dos mundos da ordem do NARRAR e do EXPOR. Quando nos colocamos na ordem do NARRAR, o mundo discursivo é situado em “outro lugar”. Entretanto, esse outro lugar precisa ser parecido com algo conhecido pelo leitor, para que possa ser avaliado ou interpretado. Quando nos situamos na ordem do EXPOR, o conteúdo temático será interpretado sempre à luz dos critérios de validade do mundo ordinário.

A narrativa é uma forma de pensamento que pode ser considerada como uma estrutura para a organização do conhecimento e como um veículo no processo de educação, para além de simplesmente expor conceitos como verdades acabadas, especialmente no ensino de ciências. As narrativas possibilitam uma forma de construção de conhecimento, a caracterização, compreensão e representação da experiência humana.

Assim, é natural contarmos histórias, já que a realidade social apresenta-se a nós, em grande parte, em forma de narrativa. Para Bruner (2001), o ensino de ciências deve levar em consideração os processos intensos de se fazer ciência, ao invés de ser um relato apenas da ciência acabada, apresentada nos livros didáticos e nos experimentos demonstrativos. Assim sendo, narrativa é um instrumento capaz de produzir e cristalizar significados, criando um espaço de diálogo intersubjetivo que permite às pessoas negociarem significados em comum.

Diferentemente da argumentação e do ato de expor um fato ou conceito, na narrativa existe sempre a possibilidade de negociação cultural e de uma interpretação individual. Embora tenham que passar por uma avaliação de verossimilhança, nas narrativas consentimos com certa facilidade versões concorrentes de uma mesma história, pois não há necessariamente uma exigência de comprovação dos fatos, mas de aceitação. (BRUNER, 2001; BRONCKART, 1999). Mas o que faz da narrativa algo tão especial? Para esses autores, o homem é

essencialmente um contador de histórias que extrai sentido do mundo por meio das narrações que ouve e constrói.

Apesar de as narrativas tratarem de detalhes, de algo particular, ou subjetivo, elas são interpretadas como casos gerais. Geralmente essas histórias lembram o ouvinte de outras histórias semelhantes a ela, o que dá um caráter quase que universal às narrativas. (BRUNER, 2001).

A narrativa é uma das formas mais comuns de o professor expressar um tipo de saber. Quando um professor está ensinando e utiliza narrativas para tal, contar uma história não é apenas uma forma de relato, mas uma forma de retórica. O professor narra sempre da forma mais persuasiva possível. Ele busca, ainda que intuitivamente, que sua narrativa alcance o maior domínio dos fatos apresentados naquela situação particular.

Por ser a narrativa um instrumento capaz de produzir e validar significados, ela cria um espaço de diálogo intersubjetivo que permite às pessoas negociarem significados em comum. Por essa razão, acreditamos que seja uma ferramenta metodológica importante neste trabalho. Ao analisar como a linguagem situada é utilizada pelos indivíduos em diferentes comunidades práticas, a narrativa é capaz de apreender como um sujeito desenvolve uma determinada prática, permitindo divulgá-la de modo que a característica central dessa prática seja difundida, preservada e validada por essa comunidade.

Dessa forma, a narrativa surge como uma possibilidade para investigar como diferentes zonas do perfil conceitual de calor são utilizadas e os significados que são estabilizados para o conceito de calor e frio, em cada comunidade. Pretendemos (i) analisar as narrativas realizadas pelo professor durante as aulas dos cursos de formação de bombeiros militares e técnicos de refrigeração e (ii) construir narrativas, a partir da análise dos dados nas aulas, entrevistas e manuais, de modo a evidenciar os modos de falar associados às formas de pensar, que caracterizam as zonas do perfil conceitual de calor nas comunidades investigadas. Acreditamos que a apresentação dos dados de forma narrativa pode preservar, além da intriga que motivou a utilização do conceito, seu contexto de uso.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, apresentaremos os procedimentos metodológicos adotados no desenvolvimento desta pesquisa. Como citado anteriormente, a metodologia aqui proposta insere-se em uma das linhas de pesquisa desenvolvida pelo grupo de pesquisa *Linguagem e Cognição em Salas de Aula de Ciências: os perfis conceituais*. Esse grupo de pesquisa busca compreender como o conhecimento é produzido e articulado no discurso das salas de aulas de ciência e em diferentes contextos sociais.

Com base nos estudos que realizamos, procuraremos (i) refinar as zonas do perfil conceitual de calor proposto por Amaral e Mortimer (2001) e (ii) verificar como as comunidades socioculturalmente situadas de técnicos em refrigeração e bombeiros militares utilizam esse perfil conceitual em sua atuação profissional, dando ênfase a diferentes zonas.

Para investigar a utilização do conceito de calor em contextos de utilização profissional, foram escolhidas as duas comunidades de prática citadas, que trataremos apenas de comunidade ao longo do texto. Técnicos em climatização e refrigeração de ambientes trabalham com a diminuição da temperatura de determinados ambientes, ou seja, buscam “produzir o frio”. Bombeiros militares trabalham no combate a incêndios e precisam “combater o calor”. Portanto, essas comunidades utilizam o conceito de calor em diferentes circunstâncias e em diferentes perspectivas.

Para a coleta de dados nas comunidades citadas, assistimos a aulas dos cursos de formação de cada um desses profissionais, aplicamos questionários e realizamos entrevistas e visitas técnicas.

Vamos retomar aqui a questão de pesquisa que foi adiantada na Introdução deste trabalho, por motivo de comodidade para o leitor: **Como as comunidades socioculturalmente situadas de técnicos em refrigeração e bombeiros militares utilizam o perfil conceitual de calor?**

Apresentaremos, neste capítulo os procedimentos para responder a essa questão, articulados nas seguintes seções: 2.1 *A determinação das zonas do perfil conceitual de calor*; 2.2 *Os pressupostos para uma pesquisa etnográfica*; 2.3 *Os dados coletados*; 2.4 *Os sujeitos da pesquisa*; e 2.5 *Os procedimentos para a*

análise e apresentação dos dados. Nos capítulos 3, 4 e 5, dedicados à análise dos dados, serão apresentadas outras considerações sobre a construção da metodologia utilizada.

2.1 A determinação das zonas do perfil conceitual de calor

O principal princípio metodológico que guia a proposição das possíveis zonas que constituem um perfil conceitual específico, conforme relatado por Mortimer e outros (2012), é a máxima vigotskiana de que, para se estudar um conceito, é preciso buscar desenvolver um quadro completo de sua gênese em diferentes domínios genéticos. Assim, deve-se estudar como se desenvolveu o conceito no domínio da história sociocultural, ou seja, como ele evoluiu com a história da humanidade. Ao mesmo tempo, devem-se buscar os estudos que nos dizem como esse conceito é aprendido e como evolui ao longo da história de cada indivíduo, lidando, neste caso, com o domínio ontogenético. Finalmente, devemos associar esses estudos em dois domínios bem mapeados com um terceiro domínio, que lida com os nossos próprios estudos empíricos sobre como ocorre o uso desse conceito em diferentes situações, o que conforma os domínios microgenético e ontogenético.

Neste trabalho, partimos de uma proposta do perfil conceitual de calor já existente (AMARAL; MORTIMER, 2001). Isso significa que não faremos o tipo de estudo sugerido no parágrafo anterior, trabalhando todos os domínios genéticos. Investigaremos a utilização das diferentes zonas propostas para esse perfil em duas comunidades socioculturalmente situadas que, diferentemente da comunidade acadêmica, utiliza esse conceito na prática do exercício profissional: técnicos em refrigeração e bombeiros militares. Portanto, estudaremos os diferentes usos do conceito de calor e a suas relações com as zonas do perfil conceitual de calor proposto na literatura. Por meio desses estudos, procuraremos as principais características de cada modo de falar associado a formas de pensar que são estabilizadas e legitimadas por cada uma dessas comunidades.

Diferentes zonas do perfil conceitual de calor podem ser utilizadas nos contextos tecnológico e profissional. A utilização de diferentes zonas do perfil conceitual deve-se à coexistência de formas diferenciadas de pensar e significar um conceito e ao fato de que essas formas apresentam valor pragmático para lidar com

problemas de diferentes naturezas. (SEPÚLVEDA, 2010). A utilização prática do conceito leva à construção de diferentes significados pelas diferentes comunidades. Como a pesquisa exige o acompanhamento dos sujeitos de diferentes comunidades em seu ambiente de trabalho, conduziremos uma pesquisa com caráter etnográfico.

Procuramos investigar na pesquisa (i) os modos de falar associados ao modo de pensar que caracterizam cada uma dessas zonas; (ii) as zonas do perfil conceitual estabilizadas e legitimadas por cada uma dessas comunidades; (iii) as diferenças de utilização das diferentes zonas pelas comunidades; (iv) o refinamento das zonas do perfil conceitual propostas para o conceito de calor, a partir dos dados obtidos e da revisão na literatura referente aos trabalhos desenvolvidos que envolvem o conceito de calor, bem como sua evolução no domínio sociocultural.

2.2 Os pressupostos para uma pesquisa etnográfica

Para investigar como o conceito de calor é utilizado e quais zonas são privilegiadas pelos profissionais citados, acompanhamos aulas em curso de formação desses profissionais e algumas atividades do exercício profissional. Por essa razão, utilizamos alguns procedimentos do método etnográfico para coleta dos dados.

Um método que pode ser utilizado para a condução e documentação de pesquisas etnográficas deve apresentar objetivos claros, condições de trabalho apropriadas e rigor metodológico, para garantir à pesquisa um caráter científico. (MALINOWSKI, 1922/1990). Para Malinowski, toda pesquisa etnográfica deve ser tão rica que possibilite uma reanálise de dados, por isso, o pesquisador deve ter cuidado ao apresentá-los. A documentação deve ser feita mediante a apresentação de evidências concretas. O pesquisador deve observar os fatos do ponto de vista dos sujeitos, e a pesquisa deve oferecer uma visão completa e adequada da cultura dessa comunidade, as maneiras típicas utilizadas por eles para pensar, sentir e agir.

O objeto de estudo da etnografia “é esse conjunto de significantes em termos dos quais os eventos, fatos, ações, e contextos, são produzidos, percebidos e interpretados, e sem os quais não existem como categoria cultural” (MATTOS, 2001). A realização de uma pesquisa com caráter etnográfico se deve ao fato de que essa forma de abordagem tem como principal objetivo a realização de uma

descrição densa, a mais completa possível, sobre o que um grupo particular de pessoas faz e o significado das perspectivas imediatas que eles têm do que fazem. A observação do pesquisador não deve interferir nas ações do grupo.

Em etnografia, existe um interesse em conhecer determinada sociedade ou grupo estudado e relatar o mais detalhadamente possível todos os tipos de variações que ocorrem dentro desse grupo. Como em nossa pesquisa analisaremos a utilização de um conceito por uma comunidade específica, acreditamos que a pesquisa etnográfica poderá nos propiciar uma análise das formas de pensar e falar desse grupo, pois, durante o exercício profissional, eles irão lançar mão de um discurso típico do lugar social de onde falam. Dessa forma, poderemos verificar como ocorre o emprego do conceito de calor e de frio.

Nesta pesquisa, buscamos conhecer como os técnicos em refrigeração e os bombeiros militares utilizam o conceito de calor quando da atuação profissional do ponto de vista dos sujeitos. Por essa razão, a pesquisadora buscou conhecer e se apropriar do discurso dos sujeitos e utilizar, quando interagia com eles, expressões similares às que utilizaram em suas falas nas aulas, entrevistas ou nos manuais. A pesquisa não é puramente etnográfica, pois o que nos interessava nessas comunidades era a utilização de um conceito específico, ainda que central para as suas atividades. Também não foram considerados vários aspectos da antropologia referentes a essa metodologia, em especial à de não ter uma questão fechada para a análise do campo.

A proposta inicial desta pesquisa era adotar uma perspectiva etnográfica, acompanhando os trabalhos de campo, durante a atuação prática, dos sujeitos da pesquisa. Pretendíamos acompanhar (i) a venda, instalação e manutenção de equipamentos de ar condicionado e câmaras frigoríficas por técnicos que trabalham com refrigeração e (ii) ocorrências de incêndio atendidas por bombeiros militares. Depois de realizado esse trabalho de campo, faríamos entrevistas com os participantes. Com esses procedimentos, acreditávamos que a perspectiva etnográfica fosse nos auxiliar a melhor conhecer o campo de trabalho dessas comunidades.

Durante a atuação desses profissionais, acreditávamos que haveria diálogo e negociações entre os pares e os demais envolvidos sobre a capacidade e o funcionamento da máquina térmica ou sobre as estratégias de combate ao incêndio,

que envolveriam o conceito de calor e sua contrapartida sensorial, o frio. Contudo, a execução do trabalho por esse caminho não foi possível, pois não conseguimos a liberação para acompanhar a instalação/manutenção desses equipamentos por parte das empresas responsáveis e houve dificuldades de acesso aos locais com incêndios para que a pesquisadora acompanhasse o trabalho dos bombeiros.

Acreditamos que, por ser um setor comercial e pelo fato de muitos técnicos de refrigeração não possuírem uma formação em um curso técnico específico para essa atuação, a liberação para a pesquisa em educação em empresas de refrigeração não é vista como proveitosa ou mesmo importante.

Com os bombeiros militares, a dificuldade na coleta de dados por esse caminho ocorreu devido à dificuldade em permanecer no quartel por longos períodos, à espera das ocorrências. Aguardamos, sem sucesso, por duas semanas durante o período diurno no quartel, à espera das ocorrências de incêndio. Nesse período, houve três ocorrências: duas de pequeno porte e uma mais expressiva. A pesquisadora acompanhou as de pequeno porte. A nossa hipótese era de que, durante o combate, haveria diálogo entre os pares sobre o conceito de calor para a escolha dos procedimentos a serem executados quando do combate ao incêndio. Contudo, nessas ocorrências, não ocorreram diálogos que permitissem avaliar a utilização desse conceito, uma vez que o trabalho, a nosso ver, foi bastante simples para o grupo de bombeiros, não exigindo deles escolhas ou procedimentos técnicos mais elaborados. O incêndio de maior porte foi fora da cidade. Além do risco para a pesquisadora, havia o problema de sair da cidade sem previsão de retorno e a impossibilidade de permanecer no quartel durante o período noturno. Por essas razões, optamos por outro caminho para a coleta de dados.

2.3 Os dados coletados

Tanto para os técnicos em refrigeração como para os bombeiros militares, buscamos construir o mesmo escopo de dados, que foram obtidos pelos seguintes procedimentos: (i) acompanhamento de aulas de formação desses profissionais; (ii) análise dos manuais e apostilas utilizados no curso; (iii) elaboração e aplicação de questionários aos alunos e instrutores; (iv) realização de entrevistas com alguns

alunos e com os instrutores; (v) acompanhamento das atividades de alguns desses profissionais.

Após a inserção no campo da refrigeração, por meio de uma escola de formação de profissionais desse ramo, conseguimos realizar a visita a uma empresa e acompanhar as atividades de um grupo de técnicos durante a instalação e a manutenção de uma câmara frigorífica. O contato para a visita técnica foi por indicação de um dos instrutores do curso de refrigeração.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, foi construído um caderno de campo, em que foram anotadas algumas considerações e impressões da pesquisadora no campo de pesquisa. A leitura de alguns manuais foi o primeiro contato com os modos de falar das comunidades analisadas. Esse estudo foi realizado buscando-se identificar formas de uso dos conceitos de calor e temperatura. Também assistimos a aulas dos cursos de formação de profissionais das duas comunidades. Em todas as aulas, a pesquisadora se assentou à frente da sala e não realizou qualquer intervenção. Também não foi dada qualquer orientação prévia aos instrutores sobre os conteúdos a serem abordados nas aulas. Os questionários foram construídos com questões abertas, a partir da observação das aulas e da leitura dos manuais, sendo essas questões respondidas na presença da pesquisadora. As entrevistas foram realizadas individualmente, utilizando-se um roteiro semiestruturado. As aulas, as entrevistas e as visitas técnicas foram gravadas em áudio, no formato *mp3*. Optamos pela gravação em áudio pelo fato de esse recurso interferir menos na rotina dos sujeitos envolvidos do que, por exemplo, filmagens. Além disso, nos interessavam apenas os diálogos entre os participantes, e não as imagens.

2.3.1 As aulas

Para investigar a utilização do conceito de calor por técnicos que trabalham com refrigeração, assistimos e gravamos, em áudio, aulas em uma escola do SENAI¹⁴ de Belo Horizonte, nos cursos de (i) Qualificação Profissional em Mecânico de manutenção e instalação de aparelhos de climatização e refrigeração e (ii) Aprendizagem Industrial em Manutenção Mecânica em Refrigeração e

¹⁴ Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

Condicionador de Ar. Gravamos aulas durante três módulos: termodinâmica; refrigeração e metrologia; e condicionadores de ar. Já para investigar a utilização do conceito de calor por bombeiros militares, assistimos e gravamos, em áudio, aulas do curso de Bacharelado em Ciências Militares – Gestão e Prevenção de Catástrofes na mesma cidade, que corresponde ao curso de Formação de Oficiais Bombeiros Militar (CFO). Gravamos as aulas durante o módulo de Técnica, Estratégia e Tática de Combate a Incêndio.

2.3.1.1 Os cursos de Refrigeração

Foram gravadas 25 aulas, geralmente em um turno completo¹⁵, de diferentes módulos, dos cursos de Qualificação Profissional em Mecânico de Manutenção e Instalação de Aparelhos de Climatização e Refrigeração e de Aprendizagem Industrial em Manutenção Mecânica em Refrigeração e Condicionador de Ar. Há uma ampla rede de ação, estando o SENAI presente em vários municípios do estado de Minas Gerais e atuando em dezenas de áreas de educação profissional com programas diferenciados em suas unidades operacionais, divididas em centros de formação profissional, centros de treinamento, centros de tecnologia, faculdades tecnológicas, laboratórios de ensaio e calibração, núcleo de educação à distância e unidades móveis.

O curso de qualificação profissional básica é realizado no período noturno, das 18h50min às 22h00min, com duração de 300 horas, distribuídas ao longo de um semestre. A organização curricular é modular e todos os módulos são trabalhados pelo mesmo instrutor¹⁶, responsável pela execução do curso. O curso é pago e o pré-requisito para sua realização é escolaridade de 6ª série, atual 7º ano, do Ensino Fundamental. O público-alvo de um curso de qualificação profissional são pessoas que (i) trabalham na área e necessitam do diploma, ou (ii) almejam uma nova profissão. O curso possui boa aceitação no mercado de trabalho.

¹⁵ A aula em turno completo é aquela que dura toda manhã, ou toda a tarde. Essas aulas não foram acompanhadas apenas nos dias em que ocorreram provas.

¹⁶ Utilizamos o termo instrutor por ser assim denominado o profissional pela escola. A exigência para ministrar o curso é formação técnica e experiência no campo de atuação do curso, e não um curso de superior ou licenciatura.

Os cursos de Qualificação Profissional Básica destinam-se a profissionais que buscam o preparo ou a atualização para o exercício de funções demandadas pelo mercado de trabalho, compatíveis com a complexidade tecnológica, privilegiando o desenvolvimento do senso crítico, da autonomia de pensamento e da criatividade na realização das atividades profissionais.¹⁷

Já o curso de aprendizagem industrial é realizado no período matutino, das 07h30min às 11h30min, ou vespertino, das 13h00min às 17h00min. O curso tem duração de 750 horas, distribuídas ao longo de dois semestres. A organização curricular é modular, sendo os módulos trabalhados por vários instrutores, cada um responsável pela execução de um determinado assunto. Os cursos de aprendizagem industrial são profissionalizantes gratuitos para adolescentes e adultos visando à qualificação profissional por meio de atividades teóricas e práticas, metodicamente organizadas em tarefas de complexidade progressiva. Os alunos recebem, além de bolsa de estudos, lanche e transporte. Os critérios de ingresso são idade mínima de 16 anos e máxima permitida de 24 e estar regularmente matriculado no Ensino Médio. Durante a permanência no curso, os alunos podem ser encaminhados para assinar um contrato de aprendiz mediante demanda das indústrias¹⁸.

A escola investigada¹⁹ coloca à disposição da indústria e da comunidade alternativas de cursos de educação profissional e de aperfeiçoamento tecnológico, voltados para o desenvolvimento industrial. Apresenta como objetivos para seus cursos²⁰ “formar o trabalhador-cidadão para torná-lo capaz de atuar de forma crítica, consciente, participativa e responsável, com mobilidade e flexibilidade, e ficar apto para lidar com a complexidade gerada pelas constantes mudanças que caracterizam a vida produtiva e social” (SENAI, 2012, p. 16).

Como objetivos específicos, apresenta que pretendem:

I. Realizar a aprendizagem industrial obrigatória às empresas de categorias econômicas sob sua jurisdição nas escolas instaladas e mantidas pela Instituição ou sob forma de cooperação, nos termos da legislação vigente;

¹⁷ Disponível em <<http://www5.fiemg.com.br/Default.aspx?tabid=13852>>, em 27/06/2012.

¹⁸ Disponível em <<http://www5.fiemg.com.br/Default.aspx?tabid=13852>>, em 27/06/2012.

¹⁹ Informações obtidas no site <<http://www5.fiemg.com.br/Default.aspx?tabid=13760>> citado em 23/09/2013.

²⁰ SENAI. Departamento Regional de Minas Gerais. Regimento Escolar Unificado das escolas do SENAI DR/MG / Ivone Candida dos Santos, et al. - 2.ed. rev. ampl. - Belo Horizonte: Gerência de Educação Profissional/GEP, 2012.82 p.

II. Proporcionar aos trabalhadores a oportunidade de complementar, em cursos de curta duração, a formação profissional parcialmente adquirida no local de trabalho;

III. Assistir os empregadores no desenvolvimento de recursos humanos e na aprendizagem na empresa;

IV. Oferecer permanentemente a educação profissional e tecnológica, mediante a diversificação e a flexibilização de estratégias formativas e de gestão, para garantir a qualificação profissional dos trabalhadores necessária para o desenvolvimento da indústria brasileira.

V. Reconhecer as competências profissionais dos trabalhadores desenvolvidas no exercício profissional ou na realização de estudos autônomos (SENAI, 2012, p. 17).

A escola oferece cursos nas seguintes modalidades:

- 1) Formação Inicial e Continuada de Trabalhadores – destinada à qualificação e requalificação de trabalhadores, não estando sujeita à regulamentação curricular, sendo oferecida de forma livre em função das necessidades do mundo do trabalho e da sociedade;
- 2) Educação Profissional Técnica de Nível Médio – destinada a alunos matriculados ou egressos do Ensino Médio ou matriculados na Educação de Jovens e Adultos (EJA) – Nível Médio. O objetivo desses cursos é proporcionar habilitação, qualificação, aperfeiçoamento e especialização em domínios de competências de nível técnico;
- 3) Educação Profissional Tecnológica de Graduação e Pós-Graduação – destinada a proporcionar formação superior na área tecnológica a egressos do Ensino Médio ou equivalente e integrada às diferentes formas de educação, ao trabalho, à ciência e à tecnologia. Tem por objetivo garantir aos cidadãos o direito à aquisição de competências profissionais que os tornem aptos para a inserção em setores profissionais nos quais haja utilização de tecnologias.

Ambos os cursos, dos quais assistimos às aulas, pertencem à primeira modalidade.

Para ingressar em um curso de qualificação profissional ou de aprendizagem industrial, o aluno deve fazer o exame do PSU – Processo Seletivo Unificado. A prova é aplicada semestralmente em todas as unidades do SENAI e seleciona novos alunos para os cursos, de acordo com a escolaridade exigida. Embora ser aluno de

escola pública e de baixa renda não seja exigência para ingresso no curso, esse é o público predominante nos cursos.

2.3.1.2 O curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar

Para investigar a utilização do conceito de calor por Bombeiros Militares, acompanhamos as aulas ministradas por esses profissionais em duas ocasiões: (i) durante um curso de formação de brigadistas para a Guarda Municipal, com duração de 40 horas, em que foram abordadas técnicas para prevenção e primeiros combates a incêndios, socorro a vítimas e suporte básico de vida. Como o curso era de curta duração, acompanhamos toda a sua execução; (ii) durante o Curso de Formação de Oficiais (CFO), na Academia de Bombeiro Militar, na disciplina de Técnicas e Táticas de Combate a Incêndio. As aulas assistidas no curso oferecido pelo Corpo de Bombeiros à Guarda Municipal serviu para a imersão no campo, uma vez que esses dados não foram posteriormente analisados.

O CFO é hoje considerado como Curso de Graduação em Ciências Militares²¹ com ênfase em Prevenção e Gestão de Catástrofes na modalidade Bacharelado, sendo oferecido pela Academia de Bombeiros Militar, localizada em Belo Horizonte.

Acompanhamos no CFO 6 aulas teóricas, de 1 hora e 40 minutos, e 3 aulas práticas, durante todo o período da tarde. Por se tratar de um curso de graduação, a exigência para o ingresso é que o candidato tenha no mínimo Ensino Médio completo e idade entre 18 e 30 anos, no ato de ingresso no curso. Os candidatos são admitidos por concurso público de ampla concorrência, com provas escritas e exame físico, o que garante uma heterogeneidade de público. Alguns alunos do curso acabaram de ingressar na corporação. Outros já pertenciam ao Corpo de Bombeiros e fazem o curso para se tornarem oficiais. Contudo, não há concurso interno para ingresso no curso, sendo todas as vagas abertas à ampla concorrência.

A malha curricular do Curso de Graduação em Ciências Militares com ênfase em Prevenção e Gestão de Catástrofes na modalidade Bacharelado, com duração

²¹ Publicado no Diário Oficial do Governo de Minas Gerais nº 231 de 12 de dezembro de 2012, o Decreto nº 774. A autorização para funcionamento do Curso de Graduação em Ciências Militares com ênfase em Prevenção e Gestão de Catástrofes na modalidade Bacharelado e o credenciamento da Academia de Bombeiros Militar do CBMMG, conferida pelo governador do Estado Antônio Anastasia, teve como parâmetro o disposto no inciso IV do art. 10 da Lei Federal nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, e no Parecer do Conselho Estadual de Educação nº 539/11, de 29 de junho de 2011, homologado pelo Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior.

de 4 anos, foi organizada com a finalidade de proporcionar conhecimentos técnicos e teóricos aos futuros Oficiais do CBMMG (Corpo de Bombeiros Militares do Estado de Minas Gerais) nas áreas de concentração de exatas, jurídicas, humanas e profissional. O Bombeiro Militar possuirá qualificação de ponta para o enfrentamento as grandes catástrofes naturais e humanas, garantindo ao Corpo de Bombeiros Militares reforço em sua missão Institucional e alinhamento de uma política de gestão de desastres com os demais órgãos de governo, bem como atualizações acadêmicas das ações de socorro, salvamento e prevenção. O objetivo é oferecer à sociedade mineira uma prestação de serviço de qualidade com aporte de novas tecnologias.

Atualmente são preparados Cadetes para atuar nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. O curso é ministrado para candidatos do estado do Espírito Santo mediante convênio de cooperação conforme distribuição: 55 (cinquenta e cinco) cadetes do CFO 1, sendo 8 (oito) do estado do Espírito Santo e 53 (cinquenta e três) cadetes do CFO 2, sendo 5 (cinco) do Espírito Santo²². Do total de vagas, 10% são destinadas a candidatas do sexo feminino. Os alunos são subdivididos em duas turmas, em que se busca preservar características semelhantes: mesmo número de homens e mulheres e de alunos com experiência profissional como bombeiro militar.

2.3.2 Os manuais e apostilas do curso

Ao longo das aulas, a pesquisadora acompanhou as atividades desenvolvidas nos manuais e apostilas dos cursos, a fim de obter maior imersão nos trabalhos desenvolvidos pelas comunidades. Essa leitura foi realizada de forma crítica, com o objetivo de identificar como o conceito de calor e outros associados à física térmica eram empregados e de forma a possibilitar que a pesquisadora pudesse entrar em contato com as formas de pensar e modos de falar de cada comunidade.

Tanto os cursos preparatórios para atuar na área de refrigeração como o curso de formação de oficiais de bombeiros militares utilizam em suas aulas manuais próprios, escritos por profissionais que atuam na área. Para o curso de técnico de refrigeração, os autores são técnicos ou engenheiros que atuam nessa área. Para

²² Informações obtidas no site <<http://www.bombeiros.mg.gov.br/component/content/article/17-noticias/27698-decreto-estadual-credencia-a-academia-de-bombeiros-militar.html>> citado em 23/09/2013.

as apostilas do curso CFO, os autores são bombeiros militares, de diferentes patentes. De forma geral, os manuais abordam situações e problemas práticos, enfrentados pelas comunidades. O objetivo dos manuais é propor técnicas e procedimentos de ação para os profissionais, em diferentes circunstâncias. Por essa razão, consideramos esses cursos ambientes que constituem comunidades de práticas de bombeiros militares e de técnicos em refrigeração.

2.3.3 Os questionários

Após assistir a algumas aulas e analisar alguns materiais utilizados nos cursos de formação citados, com o objetivo de analisar como são empregados os conceitos de calor e outros a eles relacionados, elaboramos e aplicamos questionários. Acreditamos que, desde que ingressam no curso de formação, esses profissionais estão em contato com a forma como esses conceitos são empregados, uma vez que os instrutores promovem a enculturação desses alunos e o acesso à forma de falar e expressar sobre o conceito de calor para essa comunidade. Nos questionários, fizemos algumas perguntas comuns e outras diferentes para os dois grupos, respeitando as especificidades da forma de abordagem do conceito em cada comunidade.

Antes de aplicar os questionários aos técnicos que trabalham com refrigeração e aos bombeiros militares, fez-se o convite e os objetivos da pesquisa foram esclarecidos aos participantes. A seguir, foi lida e entregue aos participantes a carta para obtenção do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), solicitando-se aos sujeitos que assinassem o TCLE (APÊNDICES 1 E 2).

O questionário elaborado para os técnicos que trabalham com refrigeração (APÊNDICE 3), constituído por 06 questões, foi aplicado aos 06 instrutores do curso e aos alunos de 4 turmas, 2 do curso de qualificação profissional e 2 de aprendizagem em mecânico de manutenção e instalação de aparelhos de climatização e refrigeração. Ao todo, responderam ao questionário 49 alunos formandos dos cursos. Apresentaremos no capítulo 3 a análise das questões 1, 2, 4 e 5 desse questionário. Essas questões, além de favorecerem um diálogo mais produtivo com a comunidade dos técnicos em refrigeração, apresentaram melhores possibilidades para a determinação de categorias de análise.

O questionário elaborado para os bombeiros militares (APÊNDICE 4) foi aplicado ao instrutor da disciplina de técnicas e táticas de combate a incêndio, cujas aulas foram acompanhadas, e em 2 turmas do curso do CFO, que estavam no 1º ano de curso e concluindo a parte teórica dessa disciplina. Ao todo, responderam ao questionário 54 alunos, concluintes da disciplina no 2º semestre de 2012. Apresentaremos no capítulo 3 a análise das questões 1, 2 e 5 desse questionário.

Não realizamos a aplicação do questionário em uma turma-piloto, pois, se realizássemos esse procedimento, desperdiçaríamos a oportunidade de aplicar o questionário naquele semestre. Como lidamos com cursos exclusivos, em que há apenas uma escola na cidade que o fornece, não havia outras turmas para fazer validação de questionário. Solicitamos aos instrutores dos cursos que fizessem uma leitura prévia do questionário antes que este fosse aplicado aos alunos, para assegurar que a linguagem estava apropriada e acessível a essa comunidade.

2.3.4 As entrevistas

Após a análise dos questionários, foram realizadas e gravadas em áudio entrevistas com alguns sujeitos da pesquisa: os instrutores dos cursos e alguns alunos selecionados. As entrevistas foram realizadas individualmente, a partir de um roteiro semiestruturado e de situações-problema específico para cada comunidade (APÊNDICES 5 e 6), gravadas e transcritas para análise. Buscamos explorar, na entrevista, questões sobre a atuação prática e sobre respostas dadas ao questionário, tanto pelo entrevistado como pela turma. Algumas perguntas foram elaboradas pela pesquisadora no momento da entrevista, a partir das respostas dos sujeitos.

Para os técnicos em refrigeração, foram entrevistados 05 instrutores, dentre os 06 que responderam ao questionário, e 04 alunos. Para a seleção dos alunos, foram estabelecidos os seguintes critérios: (i) pertencerem à turma de qualificação profissional, cujo perfil se adequava mais aos objetivos da pesquisa, e à turma em que a pesquisadora assistiu ao maior número de aulas; (ii) dois com experiência na área de refrigeração e dois sem experiência; (iii) dentre os dois, um aluno que fazia perguntas ao professor durante a aula, e outro que não fazia; e (iv) as respostas fornecidas nos questionários deveriam ser coerentes.

Para os bombeiros militares, foram entrevistados 02 instrutores e 05 alunos, todos com alguma experiência profissional. Dos dois instrutores, apenas 01 respondeu ao questionário. Como o número de aulas assistidas não permitiu avaliar a participação dos alunos e por termos obtido respostas coerentes nos questionários, optamos por realizar as entrevistas com aqueles alunos que já possuíam alguma experiência como bombeiro militar. Essa escolha se deve ao fato de esses alunos já terem tido contato com a atuação em ocorrências de incêndio, tendo também um contato mais efetivo com os modos de falar sobre calor utilizados pelos bombeiros militares em situações de incêndio. Os alunos foram entrevistados por indicação do instrutor.

2.3.5 As visitas técnicas

Essa atividade foi realizada com os profissionais que trabalham com refrigeração durante a montagem e a manutenção de câmaras frigoríficas. Foram realizadas 05 visitas técnicas, sendo 03 delas de meio período e 02 durante todo o dia. Durante as visitas técnicas, acompanhamos a atuação e as interações entre os técnicos. Foi possível a realização da pesquisa com esse grupo por intermédio de um dos instrutores do curso de qualificação profissional. Todas as tentativas de realizar esse tipo de investigação por meio de contatos com as empresas haviam sido frustradas. Durante o acompanhamento das visitas técnicas, a pesquisadora observou as atividades realizadas, os diálogos estabelecidos entre os participantes e fez perguntas de esclarecimento sobre o que estava sendo desenvolvido. Os dados foram registrados a partir da gravação do áudio.

Com os bombeiros militares, acompanhamos 02 ocorrências de incêndio de pequeno porte, como descrito anteriormente. Devido à dificuldade de acompanhar as ocorrências de grande porte e por não havermos obtido resultados satisfatórios nas de pequeno porte, não desenvolvemos outras visitas técnicas em ocorrências de combate a incêndio.

2.4 Os sujeitos da pesquisa

Como dito anteriormente, conduzimos a pesquisa com alunos e instrutores dos cursos de formação de técnicos em refrigeração e de bombeiros militares. Apresentaremos a seguir a caracterização dos sujeitos envolvidos na pesquisa por considerar que esses resultados são heterogêneos em relação aos resultados apresentados nesta tese, que tratam do conceito de calor.

2.4.1 Os técnicos em refrigeração

Foram aplicados questionários em 02 turmas do curso noturno de qualificação profissional, denominadas como turmas A (instrutor André) e B (instrutor Bruno), e em 02 turmas do curso diurno de aprendizagem industrial, denominadas C (instrutor Carlos) e D (instrutor Daniel).²³ Essas turmas são constituídas, em ambos os cursos, por alunos formandos.

Apresentamos a seguir alguns dados sobre idade, sexo, escolaridade e experiência na área de refrigeração para as turmas dos cursos de refrigeração.

Quadro 01 – Dados dos alunos do curso de refrigeração (qualificação profissional)

	Idade (anos)				Escolaridade					Exp. em refrigeração	
	21 a 30	31 a 40	41 a 50	51 a 60	EF inc.	EF comp.	EM inc.	EM comp.	Curso Técnico	sim	não
Turma A (10 alunos)	5	2	1	2	1	0	0	9	4	5	5
Turma B (14 alunos)	9	5	0	0	0	0	0	13	0	8	6

Fonte: Elaborado pela autora

²³ Todos os nomes utilizados nesta pesquisa são fictícios, sem qualquer relação com os sujeitos. Mantivemos apenas o gênero.

Quadro 02 – Dados dos alunos do curso de refrigeração (aprendizagem industrial)

	Idade (anos)		Sexo		Escolaridade		Experiência em refrigeração	
	17 a 20	21 a 24	M	F	EM inc.	EM comp.	sim	não
Turma C (13 alunos)	10	3	10	3	6	8	0	13
Turma D (12 alunos)	11	1	11	1	6	6	1	11

Fonte: Elaborado pela autora

A **turma A** possui dez alunos do sexo masculino. Todos responderam ao questionário. As idades variam entre 22 e 56 anos. Cinco possuem entre 20 e 30 anos, dois, entre 31 e 40, um entre 41 e 50 e dois, entre 51 e 60 anos. Nove alunos possuem o Ensino Médio completo e destes, quatro possuem curso técnico. Apenas um aluno possui o Ensino Fundamental incompleto. Cinco alunos declararam ter experiência na área de refrigeração.

A **turma B** possui dezesseis alunos do sexo masculino. Catorze responderam ao questionário. As idades variam entre 20 e 40 anos. Nove possuem entre 20 e 30 anos, cinco, entre 31 e 40. Treze alunos possuem o Ensino Médio completo e um possui o Ensino Superior incompleto. Oito alunos declararam ter experiência na área de refrigeração.

A **turma C** possui catorze alunos, dez do sexo masculino. Treze responderam ao questionário. As idades variam entre 17 e 24 anos, limite mínimo e máximo de idade no curso diurno. Dez possuem menos de 20 anos, três, entre 20 e 24 anos. Seis alunos possuem o Ensino Médio completo, oito Ensino Médio incompleto e um Superior Incompleto. Nenhum aluno declarou ter experiência na área de refrigeração.

A **turma D** possui doze alunos, onze do sexo masculino, e todos responderam ao questionário. As idades variam entre 17 e 23 anos. Onze possuem menos de 20 anos e um, 23 anos. Seis alunos possuem o Ensino Médio completo, seis Ensino Médio incompleto. Apenas um aluno declarou ter experiência na área de refrigeração.

Ao todo, foram avaliados quarenta e nove alunos formandos dos cursos de Mecânico de Manutenção e de Instalação de Aparelhos de Climatização e

Refrigeração, sendo que a maioria deles, trinta e seis alunos, possui o Ensino Médio completo. Vale ressaltar que o foco dos cursos do “sistema S” é profissionalizante, com formação para o mercado de trabalho, tanto para quem já atua como para quem deseja atuar como mecânico, padeiro, pedreiro, eletricista industrial, etc. Geralmente, os alunos são provenientes de escolas públicas.

Como iremos nos referir aos sujeitos desses cursos diversas vezes ao longo do trabalho, iremos denominá-los de TCR (técnicos de climatização e refrigeração), independente de pertencerem ao curso de qualificação profissional ou aprendizagem industrial.

A seguir, algumas informações sobre os instrutores das turmas investigadas:

Quadro 03 – Informações sobre os instrutores dos cursos de refrigeração

	Idade (anos)	Escolaridade e Formação profissional	Exp. Em refrigeração (anos)	Tempo como instrutor (anos)	Outras informações declaradas
André	31	Ensino Médio. Técnico em refrigeração e técnico em eletrotécnica.	11	11	Atua como autônomo. 3 anos de indústria. Disputou olimpíada do conhecimento.
Bruno	56	Ensino Médio. Técnico em refrigeração e técnico em eletrotécnica,	27	27	Microempresário na área de refrigeração.
Carlos	28	Ensino Médio. Cursa Engenharia Elétrica. Técnico em eletrônica e técnico em refrigeração.	1	5	Atuou em empresa de instalação e manutenção de refrigeração doméstica, comercial e laboratorial.
Daniel	51	Ensino Superior (Engenheiro Mecânico). Técnico em mecânica; técnico em refrigeração e técnico em eletrônica industrial.	17	17	Pós-graduação em licenciatura e projeto mecânico. Realiza manutenções: (i) elétricas; (ii) em sistemas térmicos; e (iii) em mecânica industrial. Projetista em sistemas térmicos. Consultoria em eficiência energética para indústrias.

Fonte: Elaborado pela autora

É possível observar que os instrutores possuem perfis bastante distintos entre si. As diferenças podem ser observadas quanto à idade, ao tempo de experiência e

à quantidade de cursos de formação realizados. Na análise dos dados nos capítulos 4 e 5, poderemos observar que o maior tempo de experiência ou a quantidade de cursos de formação não implicam, necessariamente, em uma maior clareza na utilização dos conceitos de calor e frio.

Além das turmas, foi analisada também uma equipe que trabalha com instalação e manutenção de câmaras frigoríficas. A equipe é constituída por 03 (três) pessoas, ou seja, um responsável técnico e dois auxiliares. O responsável técnico, Paulo, possui mais de dez anos de experiência na área e não possui nenhum curso de formação técnica, tendo apenas o Ensino Fundamental incompleto. Segundo seu relato, ele começou ainda bem jovem como auxiliar e foi aprendendo a profissão durante o seu exercício. Atualmente trabalha como autônomo e presta serviços como pessoa jurídica tanto particular como vinculado a empresas. Dos auxiliares, um trabalha com o responsável técnico há aproximadamente três anos e o outro, há 6 meses. O objetivo da visita técnica foi verificar como os conceitos de calor e de frio são empregados no ambiente de trabalho por esses profissionais.

2.4.2 Os Bombeiros Militares

Acompanhamos aulas do curso de formação de oficiais, CFO, nas turmas X e Y, de acordo com a compatibilidade de horário dessas aulas e com a disponibilidade da pesquisadora. Ambas as turmas são do mesmo curso e tinham aulas do mesmo conteúdo, geralmente, no mesmo dia e ministradas pelo mesmo instrutor, oficial Silva. Como as aulas, segundo o oficial Silva, eram similares, optamos por assistir a aula em apenas uma das turmas.

A seguir, apresentamos informações das turmas investigadas.

Quadro 04 – Dados sobre as turmas do Curso de Formação de Oficiais

	Idade (anos)					Sexo		Experiência como bombeiro (anos)					
	18 a 20	21 a 23	24 a 26	27 a 29	30 a 31	M	F	0	1 a 2	3 a 4	5 a 6	7 a 8	9 a 10
Turma X	5	3	10	6	3	24	3	17	0	6	2	2	0
Turma Y	2	7	5	6	7	24	3	17	1	5	1	1	2

Fonte: Elaborado pela autora

As duas turmas possuíam vinte e sete alunos, vinte e quatro do sexo masculino e três do sexo feminino, totalizando cinquenta e quatro investigados. Segundo o oficial Silva, as turmas são propostas de forma a terem características similares.

A **turma X** possui dezessete alunos ingressantes e dez que já pertenciam à corporação. Destes, seis alunos tinham entre 3 e 4 anos de atuação como bombeiro, dois, entre 5 e 6, e dois entre 7 e 8. Quanto às idades, cinco possuíam entre 18 e 20 anos, três entre 21 e 23, dez entre 24 e 26, seis entre 27 e 29 e três com mais de 30 anos.

A **turma Y** possui também dezessete alunos ingressantes e dez que já pertenciam à corporação. Destes, um aluno tinha entre 1 e 2 anos de atuação como bombeiro, cinco, entre 3 e 4, um, entre 5 e 6, um entre 7 e 8 e dois entre 9 e 10 anos. Dois possuíam idades entre 18 e 20 anos, sete entre 21 e 23, cinco entre 24 e 26, seis entre 27 e 29 e sete com mais de 30 anos.

A seguir, as algumas informações sobre o instrutor das turmas investigadas e sobre Oliveira, o outro instrutor entrevistado que também ministra disciplinas relacionadas ao combate a incêndios.

Quadro 05 – Dados dos instrutores do Curso de Formação de Oficiais

	Idade (anos)	Escolaridade e formação profissional	Tempo de bombeiro (anos)	Tempo como instrutor (anos)	Outras informações declaradas
Silva	33	Curso de Formação de Oficiais (CFO)	13	2	Especialização em segurança e prevenção contra incêndio e pânico
Oliveira	42	Curso de Formação de Oficiais (CFO)	22	10	Especialização em combate a incêndio urbano, combate a incêndio florestal e combate a incêndio em hidrocarbonetos

Fonte: Elaborado pela autora

É possível observar que os instrutores possuem perfis semelhantes entre si. Embora haja diferenças de idade e tempo de experiência, a formação desses profissionais é muito semelhante.

2.5 Os procedimentos para análise dos dados e apresentação dos resultados

Os questionários aplicados foram analisados tanto qualitativamente como quantitativamente. Nessa análise, são construídos tipos de resposta que poderão ser enquadrados em um modo de falar que caracteriza uma zona do perfil conceitual. Nesse caso, também podemos estabelecer relações entre os sujeitos quando, por exemplo, examinamos as respostas de diferentes pontos de vista para o conceito.

É importante que tenhamos uma diversidade de questões de modo a permitir o aparecimento das diferentes zonas. Uma mesma questão pode favorecer o aparecimento de diversas zonas, embora a maioria delas aponte preferencialmente para uma delas. As entrevistas são realizadas com o objetivo de aferir o uso das zonas do perfil e a sua tomada de consciência pelo sujeito. (MORTIMER et al., 2012).

As entrevistas e os manuais dos técnicos serão analisados qualitativamente. Esse conjunto de dados será utilizado para construir as narrativas para

apresentação dos dados que caracterizam os modos de falar e os perfis conceituais dessa comunidade. As entrevistas foram transcritas na íntegra para análise.

As aulas e visitas técnicas serviram tanto para imersão no campo, para conhecer modos de falar e temas abordados pelas comunidades, como para explorar problemas práticos tratados em cada uma delas. As aulas e visitas foram presenciais e alguns trechos foram selecionados para transcrição.

2.5.1 A análise dos questionários

O primeiro procedimento para a análise dos questionários consistiu na leitura de todos eles, em cada comunidade, separados por questão. A partir da leitura crítica das respostas fornecidas pelos sujeitos, foram propostas categorias de análise, em um processo iterativo com os dados e dialogando com as zonas do perfil conceitual de calor, como proposto na literatura.

Após a determinação das categorias, as questões foram tabuladas e foram determinadas as frequências de respostas e os relativos percentuais. Os índices totais ultrapassaram 100%, pois alguns alunos utilizaram mais de uma categoria em suas respostas. Nas questões que tiveram abstenções, excluímos as respostas em branco do percentual total das respostas válidas.

A categoria “*outras respostas*” foi criada como uma opção para categorizar respostas que não se adequavam às demais categorias propostas.

Os questionários foram identificados por números, que indicam os alunos, e letras, que indicam as turmas. As turmas A, B, C e D pertencem ao TCR, e as turmas X e Y pertencem ao CFO.

Os questionários foram elaborados com algumas questões comuns para as duas comunidades e outras diferentes. Para as comuns, procuramos manter as mesmas categorias, para estabelecer um diálogo sobre os modos de falar compartilhados pelas duas comunidades, e propusemos novas categorias, de acordo com as especificidades de cada comunidade, para discutir sobre as diferenças nos modos de falar e utilizar o conceito.

Os resultados obtidos na análise dos questionários serão apresentados no capítulo 3.

2.5.2 A análise das transcrições

Nas transcrições, procuramos manter fidelidade ao que foi efetivamente dito. Para isso, transcrevemos alguns termos da forma como foram ditos, corrigindo apenas concordâncias verbais e nominais para efeito de clareza. Empenhamo-nos, ainda, em manter uma sequência com início e fim bem delimitados, possibilitando compreender o que foi enunciado. Buscamos situar também o contexto em que se situa a sequência, a fim de facilitar a compreensão.

Para tornar a transcrição simples e facilitar a compreensão do leitor, adotamos um código simplificado para registrar uma pontuação à língua oral. (BUTY; MORTIMER, 2008). Para indicar uma mudança no tom indicativo de uma pergunta, foi mantido o ponto de interrogação (?), sempre que a entonação da fala assim o indicava. A barra, /, indica uma pausa de pouca duração. Quando as pausas duraram mais de um segundo, indicamos a duração entre parêntesis. O colchete, [] indica comentários inseridos durante a análise, para fornecer o contexto ou palavras que não foram ditas. O sinal (()) indica uma fala da pesquisadora permeando o discurso do entrevistado.

Transcrevemos na íntegra todas as entrevistas realizadas e alguns trechos das aulas e das visitas técnicas, que foram selecionados para análise.

Utilizamos as transcrições para realizar uma análise qualitativa dos discursos utilizados nessas comunidades. Procuramos identificar neles modos de falar e formas de pensar que caracterizam as diferentes zonas do perfil conceitual de calor. A partir da utilização desses dados, em conjunto com outros, procuramos construir narrativas que expressam os modos de falar que caracterizam o uso que cada uma das comunidades faz dessas zonas do perfil.

2.5.3 A construção das narrativas

A construção das narrativas foi um recurso utilizado para mostrar como as diferentes zonas do perfil conceitual de calor se manifestaram no discurso dos sujeitos da pesquisa, a partir dos dados obtidos nas entrevistas, nas aulas e nas visitas técnicas. Toda vez que o sujeito usava o conceito de calor ou de frio, buscávamos verificar quais compromissos epistemológicos e ontológicos eram

utilizados, de forma a chegar nas zonas do perfil conceitual de calor. Esses resultados, depois de obtidos por zonas do perfil, foram apresentados e organizados buscando valorizar as narrativas construídas pelos sujeitos da pesquisa.

A justificativa da utilização das narrativas dos sujeitos para a construção dos dados é que, apesar de elas tratarem dos detalhes, de algo particular, do subjetivo, elas são interpretadas como casos gerais. Essas histórias, geralmente, remetem o ouvinte a outras histórias semelhantes à que está sendo contada, o que dá um caráter quase que universal às narrativas. (BRUNER, 2001).

A apresentação de nossos dados valorizando as construções narrativas consiste em fazer um apanhado de modos de falar de diferentes indivíduos, nas duas comunidades investigadas, a fim de construir um escopo de dados que caracterizam as zonas do perfil conceitual de calor. Tal como defende Bruner (2001), consideramos a narrativa como um modo de pensamento, como uma estrutura para a organização do conhecimento e como veículo no processo de educação.

Os resultados obtidos na análise das aulas serão apresentados no capítulo 4 e os resultados das entrevistas, no capítulo 5. Os manuais foram utilizados para sustentar a análise apresentada nos capítulos 4 e 5.

3 ALGUNS CONCEITOS SOBRE CALOR E FRIO UTILIZADOS NOS QUESTIONÁRIOS

Neste capítulo, apresentaremos alguns resultados obtidos na análise dos questionários aplicados aos alunos dos cursos de formação dos técnicos em climatização e refrigeração (TCR) e dos bombeiros militares (CFO). Discutimos algumas concepções sobre calor, frio, temperatura e isolantes térmicos a partir dos resultados obtidos em algumas das questões aplicadas nos questionários e faremos um estudo comparativo, procurando ressaltar semelhanças e diferenças entre os dados encontrados para as diferentes comunidades.

Discutiremos em cada seção uma questão aplicada no questionário, apresentando os resultados obtidos por meio de quadros. Além das questões comuns às duas comunidades, propusemos questões elaboradas a partir de manuais específicos, utilizados por eles. Para o CFO, utilizamos Manual de Atividades de Bombeiro (MABOM, 1985) e, para o TCR, o trecho de uma apostila fornecida por uma empresa de refrigeração. Para as questões aplicadas em ambas as comunidades, apresentaremos os resultados de forma comparativa, com as categorias propostas, a frequência e os percentuais de respostas para o total dos alunos investigados. Nas questões exclusivas para cada comunidade, apresentaremos os resultados para o total dos alunos, com frequências e percentuais. Para todas as categorias propostas, apresentaremos exemplos de respostas retirados dos questionários dos alunos.

O capítulo está organizado em cinco seções, intituladas: 3.1 os conceitos dos alunos do TCR e do CFO sobre calor; 3.2 os conceitos sobre frio; 3.3 as concepções sobre o uso de uma blusa de lã; 3.4 os alunos do TCR respondem sobre a produção e a conservação do frio; e 3.5 os alunos do CFO respondem sobre as relações entre calor e temperatura, calor e combustão e calor e conteúdo entálpico. Pretendemos neste capítulo identificar alguns conceitos que se relacionam às zonas do perfil conceitual propostas na literatura: calor como sensação térmica, calor como substância, calor como temperatura elevada e calor como energia. A análise da utilização, propriamente dita, das zonas do perfil conceitual de calor pelas comunidades será feita no capítulo 5.

3.1 Os conceitos de calor

A pergunta “**Para você, o que é calor?**” foi feita no questionário aplicado para as duas comunidades. Essa questão suscita não apenas diversas categorias de resposta, mas diversos usos – cotidianos, tecnológicos, técnicos e científicos – para esse conceito, a fim de construir sentido para essas comunidades.

Apresentamos no quadro a seguir os resultados para a análise dessa questão. As três primeiras categorias foram usadas por alunos de ambos os cursos. As categorias (4), (5) e (6) foram utilizadas exclusivamente pelo CFO, e as categorias (7) e (8), pelo TCR.

Quadro 06 – Análise da questão “Para você, o que é calor?” (CFO e TCR)

	Categorias	CFO 54 alunos		TCR 49 alunos	
		Nº	%	Nº	%
1	Energia térmica ou energia em trânsito entre corpos	17	31,5	16	33,3
2	Temperatura ou temperatura alta (quente)	8	14,8	10	20,8
3	Energia interna ou agitação (movimentação) de partículas (moléculas, átomos, elétrons)	9	16,7	7	14,6
4	Sensação térmica	15	27,8	X	X
5	Energia responsável pelo aumento da temperatura	9	16,7	X	X
6	Um dos produtos da combustão	2	3,7	X	X
7	Transferência ou troca de temperatura entre os corpos	X	X	9	18,8
8	Carga térmica	X	X	3	6,3
9	Outras respostas	2	3,7	6	12,5
	Total de respostas ²⁴	62	114,8	52	108,0
	Não respondeu ²⁵	0	0	1	2,0

Fonte: Elaborado pela autora

Podemos observar que 31,5% do total dos estudantes do CFO e 33,3% dos estudantes do TCR definem calor como (1) *energia térmica ou energia em trânsito entre corpos*, sendo essa a categoria de maior percentual para os dois cursos. Mesmo sendo *energia em trânsito entre corpos* e *energia térmica* modos diferentes de se referir à energia e ao calor, foram categorizadas em conjunto devido ao uso

²⁴ O total de respostas ultrapassa 100%, pois alguns alunos responderam à questão acessando mais de uma categoria em sua resposta.

²⁵ Os alunos que não responderam à questão foram excluídos do percentual total de respostas válidas. Nessa questão, por exemplo, para efetuar os cálculos percentuais foi considerado que o total de alunos do TCR que responderam à questão foi 48. Portanto, 16 alunos correspondem a 33,3 % do total. As abstenções são calculadas a partir do total de alunos pesquisados. Portanto, 01 aluno corresponde a 2,0% do total (49 alunos).

pelos alunos como conceitos equivalentes, como podemos observar nos exemplos de resposta para essa categoria:

- (1) 4X: Energia térmica em transferência.²⁶
- (1) 12D: Calor é energia térmica em trânsito entre os corpos.

Acreditamos que o maior percentual nessa categoria se deve ao fato de os dois cursos de formação profissional buscarem trabalhar com o conceito de calor nas perspectivas científica e tecnológica.

Já a categoria (2) *temperatura ou temperatura alta* foi utilizada por 14,8% dos alunos do CFO e 20,8% dos alunos do TCR, sendo a segunda categoria mais utilizada pelo TCR e a quinta pelo CFO. Essa categoria é presumivelmente advinda da ideia cotidiana de calor associada à noção de quentura.

- (2) 11X: Alta temperatura.
- (2) 8A: Calor é temperatura alta.

A categoria (3) *energia interna ou movimentação de partículas* também foi coincidente para os dois grupos como a quarta maior em percentual: 16,7% para o CFO e 14, 7% para o TCR.

- (3) 21Y: Grande intensidade de movimento atômico. Energia em movimento.
- (3) 13B: Calor é o grau de energia cinética (interna de um corpo).
- (3) 5D: Para mim seria a agitação das moléculas de um corpo.

A categoria (3) também mostra uma definição para o calor coincidente com a definição microscópica de temperatura.

As categorias (4), (5) e (6) foram propostas para categorizar as respostas dadas apenas por alunos CFO. Já as categorias (7) e (8) correspondem às respostas fornecidas exclusivamente por alunos do TCR. Essas categorias evidenciam modos diferenciados de falar sobre calor nas comunidades.

²⁶ Nessa notação, o valor entre parênteses indica a(s) categoria(s) da resposta, conforme fornecido no quadro correspondente. O número a seguir indica o aluno, e a letra indica a turma à qual ele pertence. As turmas A, B, C e D correspondem aos cursos de formação dos técnicos em climatização e refrigeração de ambientes (TCR) e as turmas X e Y ao curso de formação de oficiais bombeiros militares (CFO). As respostas apresentadas estão transcritas na íntegra, tal qual fornecida pelo aluno.

A segunda categoria mais utilizada no CFO, por 27,8% dos alunos, foi o calor como (4) *sensação térmica*. Embora a percepção do calor como quente seja advinda das sensações térmicas, apenas nessa comunidade foi apresentada de forma explícita.

(4) 25Y: É a sensação expressa pelos corpos quando estes recebem calor do meio.

(4) 7Y: Pode ser analisado como sensação térmica que é percebida a partir da elevação da temperatura de um dado ambiente físico.

No TCR, a terceira categoria mais utilizada, por 18,8%, foi o calor como (7) *troca de temperatura entre os corpos*. Para essa comunidade, a utilização do conceito de calor como sendo idêntico à temperatura ou temperatura elevada é muito mais evidente que no CFO.

(7)10A: É uma forma de troca de temperatura na qual acontece do mais quente para o mais frio.

O aluno utiliza a temperatura como sinônimo de calor ao afirmar que haverá troca de temperatura entre os corpos.

Para os bombeiros, a categoria que faz uso do conceito de temperatura relacionada ao calor aparece como (5) *energia responsável pelo aumento da temperatura*, utilizada por 16,7% dos alunos, o que difere bastante da utilização do calor como sendo a própria temperatura.

(5) 9X: Calor é a energia que aumenta a temperatura de um corpo.

(5) 19X: Calor está diretamente ligado à temperatura e energia, sendo que um corpo em ambiente com temperatura mais elevada tende a aquecer-se.

O uso do conceito de calor como sendo equivalente à temperatura pode ser devido (i) à formação escolar, uma vez que, para ingresso no curso TCR, a exigência é o 6º ano do Ensino Fundamental, para a qualificação profissional, ou cursando o Ensino Médio, para a aprendizagem industrial. Já o CFO é um curso de graduação, em que os alunos estudam, além de disciplinas específicas para a formação militar, física, química e matemática; (ii) à própria utilização do conceito, uma vez que a avaliação da “quantidade de calor” presente em um ambiente

incendiado é feita pelos bombeiros por meio da utilização da sensação térmica para avaliar o risco de sua aproximação ou do início de um incêndio ou explosão²⁷. Já para os técnicos em refrigeração, que trabalham em ambientes com temperatura fixada *a priori* com um valor exato, é necessário medir a temperatura constantemente, para avaliar se ela está no valor adequado.

Nesse sentido, enquanto para os bombeiros o mais importante é a sensação térmica do calor, para os técnicos em refrigeração, é o valor da temperatura do ambiente, inicial e final. Isso talvez explique o valor relativamente alto obtido por essas duas categorias em duas comunidades diferentes. A utilização da sensação térmica e da temperatura para a avaliação da “quantidade de calor” para as duas comunidades possui finalidades e uma utilização diferenciada, como será mais bem discutido nos capítulos 4 e 5.

Outras utilizações para o conceito de calor que surgiram como particularidades para cada uma das comunidades foram: (8) *Carga térmica*, utilizada por 6,3% dos alunos do TCR (essa definição de carga térmica é muito utilizada na refrigeração para tratar o calor como algo que pode ser retirado de um ambiente e transportado para outro, ocasionando assim o processo de refrigeração); (6) *Um dos produtos da combustão*, por 3,7% dos alunos do CFO (essa definição de calor como um dos elementos da combustão é utilizada pelos bombeiros para explicar o incêndio, no sentido de combustão). Alguns exemplos de resposta:

(6) 27X: É uma reação química que ocorre entre um material combustível, comburente e um agente ígneo, que é representado pelo triângulo do fogo. Essa reação provoca uma radiação que pode ser percebida a uma certa distância.

(8) 9B: É a quantidade de carga térmica que tenta entrar no ambiente que está sendo condicionado.

A partir das categorias criadas para essa questão, é possível perceber que há diferenças na definição do conceito de calor pelas comunidades e que o modo como esse conceito é utilizado durante a atividade prática contribui para a construção desse conceito e sua diferenciação nas comunidades.

A categoria (9) *outras respostas*, representada por 3,7% dos alunos do CFO e 12,5% dos alunos do TCR. Alguns exemplos são mostrados a seguir:

²⁷ Essa forma de utilização da sensação térmica para a avaliação da quantidade de calor pelo bombeiro em um local incendiado será discutida no capítulo 4.

(9) 3X: Unidade Primitiva, assim como o fogo, não existe um conceito definido.

(9) 4A: É uma inversão de temperatura ao ponto de congelar ou descongelar qualquer produto.

Essas respostas não se enquadram nas categorias propostas e não seria viável criar uma nova categoria para elas. Além disso, elas nos sugerem uma confusão de conceitos para o sujeito.

Obtivemos também respostas que acessaram, simultaneamente, mais de uma categoria:

(1 e 4) 14X: Calor é a energia que flui de um corpo para outro, gerando perda de temperatura na origem e ganho no destino. Ainda, assim como o frio, está relacionado com temperatura e sensação térmica.

(3 e 8) 5A: O calor é agitação de partículas. É tudo aquilo que deve ser observado em uma carga térmica.

(1 e 3) 10D: Energia interna entrando em trânsito.

É possível observar que os alunos 14X e 5A, ao responderem o que é calor, utilizam aspectos teóricos e da sua atividade prática nessa conceituação.

Foi possível observar nas respostas da questão “o que é calor?” aspectos comuns e distintos entre as comunidades, como assinalado ao longo da análise. Proposições relacionadas ao calor como energia, seja ela em trânsito, térmica ou interna, e calor como temperatura alta foram propostas nas duas comunidades. Os alunos do TCR não apresentaram explicitamente respostas relacionadas ao calor como sensação térmica nessa questão, embora esse tratamento seja utilizado nessa comunidade em outros contextos. A proposição de calor como uma substância não foi apresentada explicitamente pelos alunos de nenhuma das comunidades, mas vai aparecer nas entrevistas e nas aulas, conforme será apresentado nos capítulos 4 e 5.

3.2 Os conceitos de frio

Para os estudantes do TCR, fizemos a seguinte pergunta: “**Por que podemos dizer, em termos científicos, que o frio não existe?**”. Após a análise dos dados, percebemos que muitos alunos responderam a questão definindo “o que

é frio” ou justificando sua existência, e não fornecendo, como solicitado, a explicação do porquê o frio não existe. Por essa razão, como os alunos do CFO responderam ao questionário posteriormente, alteramos a pergunta para: **“Para você, o que é frio?”**.

Embora as perguntas que abordaram o conceito de frio tenham sido diferentes para cada comunidade, houve semelhanças nas respostas fornecidas pelas comunidades, o que possibilitou categorizar as respostas em conjunto para os dois cursos. No quadro a seguir, apresentamos os resultados obtidos:

Quadro 07 – Análise dos conceitos de frio (CFO e TCR)

	Categorias	CFO 54 alunos		TCR 49 alunos	
		N°	%	N°	%
1	Tentaram justificar a inexistência do frio por diferentes conceitos	X	X	15	31,9
2	Afirmaram que o frio existe	X	X	14	29,8
3	Ausência ou falta de calor	15	27,8	11	23,4
4	Temperatura baixa	10	18,5	5	10,6
5	Sensação térmica	35	64,8	7	8,5
6	Perda de calor ou de energia térmica	15	27,8	X	X
7	Pouca agitação ou ausência de agitação das moléculas (partículas)	6	11,2	X	X
8	Transferência de energia	2	3,7	X	X
	Total de respostas	83	153,8	56	119,2
	Não respondeu	0	0	2	2,1

Fonte: Elaborado pela autora

Em função das diferenças nas questões, foi possível observar que 31,9% dos estudantes do TCR responderam utilizando a categoria (1) *tentaram justificar a inexistência do frio por diferentes conceitos* por meio aspectos do senso comum, da linguagem técnica ou mesmo da ciência, como nos exemplos:

- (1) 10D: Por que a maioria das pessoas acha que o frio é psicológico.
- (1) 10A: Por que quando você consegue igualar as temperaturas quente e frio não existe mais troca de calor.
- (1) 7B: Pois onde há movimento de elétrons não há frio.

Nos exemplos acima, os alunos justificaram, segundo diferentes pontos de vista, por que acreditavam que o frio não existe. Contudo, 29,8% dos alunos do TRC, de forma direta ou indireta, (2) *afirmam que o frio existe*:

- (2) 6B: Porque o frio é criado pelo homem e o homem acredita no que vê.
 (2) 8A: Ele existe sim sempre que houver uma mudança de temperatura abaixo de 0°C, o frio é pois uma temperatura baixa que o próprio organismo já sente.

Nesses exemplos, os alunos afirmam que o frio pode ser criado e sentido pelo homem. É importante ressaltar que um terço dos alunos do CFO tiveram dificuldades em negar a existência do frio para a ciência. Essa proposição, da inexistência do frio, contraria as ideias atribuídas para o frio no senso comum e na aplicação técnica e profissional desse conceito para essa comunidade.

O aluno 6A, ao mesmo tempo em que afirma que o frio existe, sendo algo material assim como o ar, o define como uma sensação térmica, acessando duas categorias.

- (2 e 5) 6A: O frio é como o ar que respiramos. Não pode ser visto ou tocado, podemos no entanto senti-lo. Assim podemos denominar também como uma 'sensação térmica'²⁸.

Além dos alunos que tentaram explicar por que o frio não existe ou que afirmaram que ele existe, houve outros, 23,4%, no TCR que, ao invés de explicarem por que ele não existe, o definiram como (3) *ausência de calor*; outras respostas foram: (4) *temperaturas baixas*, 10,6%; ou (5) *sensação térmica*, 8,5%. As categorias 3, 4 e 5 foram comuns às duas comunidades. Para o CFO, os percentuais nessas categorias foram, respectivamente, 27,8%, 18,5% e 64,8%. A seguir, exemplos de respostas dos alunos de TRC e CFO para cada uma das categorias.

- (3) 2X: Ausência de calor.
 (3) 5A: O frio é simplesmente a falta de calor.
 (4) 19Y: É a queda de temperatura de determinado clima.
 (4) 5D: Porque o frio é o calor que perdeu temperatura.
 (5) 4X: Sensação térmica decorrente de fatores como baixas temperaturas, ventos fortes, etc.
 (5) 4B: Porque o frio é só uma sensação térmica.

Vale a pena destacar que, para o CFO, como pode ser observado no quadro 6, 27,8% definiram o calor como sendo uma *sensação térmica* ao responderem a questão "O que é calor?" e 64,8% ao responderem "O que é frio?". Para os alunos

²⁸ Grifo do autor.

do TCR, a pergunta “o que é calor?” não apresentou como categoria e resposta a *sensação térmica* de forma explícita. Acreditamos que, como a ciência apresenta definições para o conceito de calor, para o aluno o frio seja algo mais difícil de definir em termos científicos.

Outra observação que podemos fazer para o TCR é que, dos 10 alunos que consideram o frio como *temperatura baixa*, 09 responderam associando-a a outras categorias, em especial, à *sensação térmica*. Para o TCR, acreditamos que se a questão proposta fosse “Para você, o que é frio?”, o percentual de sujeitos que responderia como sendo *temperatura baixa* seria muito superior, uma vez que essa comunidade trabalha com o frio nessa perspectiva. Além disso, aqueles que afirmaram que o frio existe, o associaram diretamente às baixas temperaturas.

Outras categorias foram utilizadas exclusivamente pelos alunos do CFO, como (6) *perda de calor ou de energia térmica*, por 27,8% dos estudantes; (7) *Pouca agitação ou ausência de agitação das moléculas (partículas)*, por 11,2%; e (8) *Transferência de energia*, por 3,7%. A seguir, um exemplo de cada uma dessas categorias:

(6) 5X: É quando o corpo perde energia para o meio.

(7) 17X: Agitação mínima das partículas.

(8) 6X: Frio, grosso modo, seria situação na qual determinado sistema transferiu energia (calor) para outro, de forma a reduzir sua temperatura (esfriando o sistema).

Alguns alunos, das duas comunidades, utilizaram mais de uma categoria em suas respostas:

(3 e 4) 18X: É ausência de calor, temperaturas baixas.

(5e 6) 23Y: Sensação térmica quando o corpo perde muito calor para o ambiente.

(3 e 5) 5C: Por que o frio é uma falta de calor que a gente perdemos para o ambiente que gera o frio que a gente sentimos.

Foi possível observar nas respostas dos alunos de CFO e TCR, ao conceituarem o frio, proposições relacionadas a sensações térmicas, a temperaturas baixas e a transferência de energia. Nas questões que solicitaram ao aluno definir calor e frio, não foram observadas respostas que tratassem o calor e o frio como substâncias.

3.3 As concepções sobre o uso de uma blusa de lã

Outra questão que foi aplicada às duas comunidades foi “**Como você explica a utilização de uma blusa de lã pelas pessoas para diminuir a sensação de frio?**”. As categorias criadas e as frequências e percentuais para cada uma das comunidades são apresentados no quadro 8.

Quadro 08 – Análise da questão “Como você explica a utilização de uma blusa de lã pelas pessoas para diminuir a sensação de frio?” (CFO e TCR)

	Categorias	CFO 54 alunos		TCR 49 alunos	
		Nº	%	Nº	%
1	Reduz ou impede a perda (ou troca) de calor	46	85,2	21	42,9
2	Usa o termo Isolante térmico	29	53,7	21	42,9
3	Mantém a temperatura do corpo	5	9,3	7	14,3
4	Rejeita o frio ou não permite sua passagem do ambiente para o corpo	1	1,9	7	14,3
5	Armazena o calor	3	5,6	2	4,1
6	Aquece o corpo ou aumenta sua temperatura	X	X	4	8,2
	Outras respostas	X	X	2	4,1
	Total de respostas	84	155,5	64	131,2

Fonte: Elaborado pela autora

É possível observar que, para as duas comunidades, o maior percentual de respostas foi para a utilização da blusa de lã como algo que (1) *reduz ou impede a perda (ou troca) de calor*, para 85,2% do total dos estudantes do CFO e 42,9% dos alunos TCR, seguida por (2) *usa o termo isolante térmico*, para 53,7% do CFO e 42,9% do TCR. Muitos estudantes explicam o funcionamento da blusa de lã como algo que reduz ou impede a troca de calor entre o corpo humano e o ambiente, explicitando a função desse isolante térmico sem, contudo, mencionar esse termo. Outros alunos mencionam em suas respostas o termo “isolante térmico” sem explicitar seu funcionamento. Há ainda alunos que utilizam as duas categorias em suas respostas. As categorias (1) e (2) são complementares.

(1) 7Y: A blusa de lã é utilizada para reduzir a troca de calor com o ambiente, evitando consequentemente a perda de calor e a decorrente sensação de frio.

(1) 4D: Porque quando as pessoas sentem frio elas estão perdendo muito calor, e a blusa de lã é para diminuir a perda de calor.

(1) 9C: Porque a blusa de lã ela impede a troca de calor da pessoa e o ambiente.

(2) 5Y: A lã é isolante térmico.

(2) 11B: Pelo fato de a lã ser um material com boa isolamento térmica.

(1 e 2) 1Y: Ele funciona como isolante térmico, não permitindo as trocas de calor.

(1 e 2) 20X: A lã funciona como isolante térmico e impede o fluxo de energia térmica (calor) de um corpo com temperatura mais elevada (maior energia) para outro com menor energia.

(1, 2 e 4) 6B: No caso da blusa de lã ela serve como um isolante térmico não deixando o calor corporal sair nem o frio entrar.

Acreditamos que o percentual elevado para essas categorias se deve ao fato de os dois cursos buscarem abordar em suas aulas o princípio e funcionamento dos isolantes térmicos e por ser esse conceito científico de fácil utilização pelos sujeitos nos contextos de atuação profissional. Podemos observar que o aluno 6B, além de utilizar o conceito de isolante térmico, explica o funcionamento da blusa de lã como sendo esta capaz de impedir a saída do calor e a entrada do frio, acessando, além das categorias (1) e (2), a categoria (4) *rejeita o frio ou não permite sua passagem do ambiente para o corpo*. Esse aluno parece tratar o calor e o frio como duas substâncias de naturezas opostas.

Outra categoria utilizada por ambas as comunidades foi a (3) *mantém a temperatura do corpo*, utilizada por 9,3% dos alunos do CFO e por 14,3% dos alunos do TCR.

(1 e 3) 21X: Para manutenção da temperatura corporal evitando a perda de calor (energia) para o meio ambiente.

(3) 3D: A blusa tem a função de manter a temperatura do corpo, evitando a troca com o ambiente.

Nessa categoria, os alunos do CFO responderam à questão atribuindo à blusa de lã a propriedade de manter a temperatura do corpo, associando essa propriedade ao fato de ela funcionar como um isolante térmico. Já os alunos do TCR, em algumas respostas, parecem utilizar o conceito de temperatura como sendo equivalente ao calor.

A categoria (4) *rejeita o frio ou não permite sua passagem do ambiente para o corpo* foi utilizada por apenas 1 aluno do CFO (1,9%) e por 14,3% dos alunos do TCR. Já a categoria (5) *armazena o calor* foi utilizada por 5,6% dos alunos do CFO e por 4,1% dos alunos do TCR.

(1, 3 e 4) 18Y: É a melhor forma de evitar a troca de calor entre a pessoa e o meio externo, isto é, com a lã a pessoa conserva mais a temperatura corporal, visto que não favorecerá absorver o frio e liberar o calor do corpo.

(4) 10B: Porque a lã não deixa o frio penetrar.

(5) 22X: Através da retenção do calor emitido pelo corpo através de alguns materiais, fazendo com que o calor liberado pelo corpo fique próximo ao mesmo.

(1 e 5) 5A: A blusa é um isolante térmico. Armazena o calor necessário para se sentir confortável no tempo frio.

As categorias (4) e (5) sugerem um tratamento para o calor (e o frio) como uma substância.

A categoria (6) *aquece o corpo ou aumenta sua temperatura* foi observada apenas nas respostas dos alunos do TCR, sendo utilizada por 8,2%.

(3 e 6) 7A: Aquece o corpo mantendo a temperatura ideal do corpo.

A categoria (6) foi utilizada por apenas dois alunos do TCR, em conjunto com outras categorias.

Na presente questão, houve maior incidência de resposta em mais de uma categoria que nas apresentadas anteriormente, gerando 84 respostas para os 54 alunos do CFO e 64 repostas para os 49 alunos do TCR. Ao longo desta seção, foram dados alguns exemplos de respostas com mais de uma categoria.

Apenas para o TCR houve respostas que não se adequaram às categorias anteriores, sendo classificadas como (8) *outras respostas*:

4D: Devido essa sensação de desconforto as pessoas buscam maneiras de estar sempre confortável.

Nessa resposta o aluno aparentemente esquivou-se de responder sobre o funcionamento da blusa de lã.

Foi possível observar que a maioria dos alunos do CFO e do TCR, ao explicar sobre a utilização da blusa de lã para diminuir a sensação de frio, utilizou o conceito científico de isolante térmico, direta ou indiretamente, atribuindo à lã a propriedade de “evitar ou impedir a troca de calor” ou de “manter a temperatura do corpo”.

3.4 Os alunos do TCR respondem sobre a produção e a conservação do frio

Nas seções anteriores, discutimos questões propostas para as duas comunidades. Nesta e na próxima, discutiremos questões exclusivas para cada uma das comunidades.

Para o TCR, propusemos uma questão elaborada a partir de uma citação de uma apostila fornecida por uma empresa de refrigeração, em que se lê:

Em termos expressivos embora não científicos podemos dizer que o isolante térmico armazena o “FRIO PRODUZIDO”²⁹ pelo equipamento frigorífico no interior do compartimento deixando penetrar apenas alguns fios de calor.

- A) Como o frio é produzido?
- B) Como o frio é armazenado?
- C) O que você entende por “alguns fios de calor”?

O objetivo dessa questão era identificar como os alunos do TCR interpretam questões práticas enfrentadas durante o exercício profissional: a “produção” e a “conservação” do frio. Além disso, o texto nos dava oportunidade de investigar como eles apropriam-se da linguagem metafórica utilizada na expressão “fios de calor”.

No quadro 9, apresentamos as respostas fornecidas pelos alunos do TCR para como o frio é produzido:

Quadro 09 – Análise da questão “Como o frio é produzido?” (TCR)

	Categorias	Total 49 alunos	
		Nº	%
1	Retirando (ou trocando) calor/energia do sistema (ou corpo)	17	34,7
2	Pelo funcionamento dos componentes dos aparelhos de refrigeração (evaporador e condensador) – Equipamento de refrigeração.	15	30,6
3	Pela ação (mudança de estado) do fluido refrigerante	14	28,6
4	Retirando temperatura do sistema (ou corpo)	5	10,2
	Outras respostas	6	12,2
	Total de respostas	57	116

Fonte: Elaborado pela autora

²⁹ Destaque dado pelo autor do texto e mantido por nós.

É possível observar que 34,7% dos alunos responderam a essa questão utilizando a categoria (1) *retirando (ou trocando) calor/energia do sistema (ou corpo)*. Alguns exemplos de resposta para essa categoria foram:

- (1) 10C: Com a retirada do calor.
- (1) 9B: O frio é produzido através de uma troca de calor, retirando o ar quente dos produtos ou alimentos e trocando e renovando por ar frio.

Essa perspectiva corresponde ao uso científico do conceito de calor.

Contudo, a maioria dos alunos do TCR associou a produção do frio ao próprio funcionamento do equipamento de refrigeração, utilizando as categorias (2) *pelo funcionamento dos componentes dos aparelhos de refrigeração (evaporador e condensador)*, para 30,6% dos estudantes, e (3) *pela mudança de estado do fluido refrigerante*, para 28,6%. A produção do frio sendo atribuída ao funcionamento dos componentes da máquina térmica e à ação do fluido refrigerante agregam 59,2% das respostas dos alunos do TCR.

- (2) 10A: É produzido com a troca de calor da unidade condensadora (externa) com a unidade evaporadora (interna).
- (2) 8B: Através de um equipamento de refrigeração.
- (3) 5C: Frio produzido é fluido refrigerante evaporando dentro da câmara. Aí ele consegue resfriar os alimentos.
- (3) 12C: O frio é produzido através do método de absorção de calor dos fluidos refrigerantes.

Esses modos de falar expressam a produção do frio em uma linguagem técnica, bastante utilizada profissionalmente por essa comunidade. Podemos considerar essas respostas complementares, pois relacionam o procedimento e o artefato tecnológico utilizados nos equipamentos de refrigeração para “produzir o frio”.

Já 10,2% dos alunos disseram que o frio é produzido devido à (4) *retirada ou diminuição da temperatura*.

- (4) 1D: Ele é produzido quando acontece a retirada de temperatura de um ambiente ou de um corpo.
- (4) 3D: Através da perda de temperatura para outro corpo ou ambiente.

Essa categoria evidencia a utilização do conceito de calor como idêntico ao de temperatura. Nessas respostas, é possível perceber que os sujeitos não diferenciam esses conceitos e utilizam calor como sinônimo de temperatura.

Alguns alunos forneceram respostas que puderam ser classificadas em mais de uma categoria. A seguir, um exemplo com mais de uma categoria de resposta para cada uma das turmas investigadas:

(1, 2 e 3) 1A: Através de um gás refrigerante, que ao ser submetido a uma pressão com uma certa temperatura ele irá ferver, neste caso ao ser expandido no evaporador ele congela o qual estando quente troca de temperatura com o líquido e sucessivamente troca calor com o ambiente.

(1 e 3) 4B: O frio é produzido pela troca de calor decorrente do processo efetuado pelo gás refrigerante.

A Categoria (5) *outras respostas* foi utilizada por 12,2% dos estudantes.

(5) 7A: Através da baixa temperatura local que acontece em todo o mundo, e cada local tem sua estação de clima.

(5) 2D: É produzido pelas misturas de água e vento.

Esse percentual relativamente alto nessa categoria evidencia que um número considerável do total dos alunos não explica com êxito a produção do frio, oferecendo respostas confusas. Contudo, podemos destacar que todos os alunos do TCR concordam com aquilo que é proposto na apostila da empresa de refrigeração: a possibilidade de “produzir o frio”.

A seguir, a análise para a questão sobre como o frio pode ser armazenado.

Quadro 10 – Análise da questão “Como o frio é armazenado?” (TCR)

	Categorias	Total 49 alunos	
		Nº	%
1	Utilizando isolamento térmica	29	60,4
2	Utilizando um equipamento (câmara) de refrigeração	7	14,6
3	Evitando (impedindo) a troca de calor com o ambiente externo	6	12,5
4	Impedindo a penetração do calor	5	10,4
5	Evitando (impedindo) a troca de temperatura com o ambiente externo	3	6,3
6	Outras respostas	9	18,8
	Total de respostas	59	123
	Não respondeu	1	2,0

Fonte: Elaborado pela autora

É possível observar que a maioria dos alunos associou o armazenamento do frio à (1) *utilização de isolamento térmico*, uma vez que 60,4% dos alunos utilizaram essa resposta. Já 14,6% consideraram que para armazenar o frio é necessário (2) *utilizar um equipamento (câmara) de refrigeração*, conhecidamente um local com isolamento térmico. Nessa segunda categoria, os alunos não mencionaram os “isolantes”, embora esse princípio fique subentendido. Portanto, 75,0 % dos estudantes do TCR associaram o “armazenamento do frio” à *isolamento térmico*.

(1) 2C: Ele é armazenado através de isolantes que não permitem a sua vazão.

(2) 5C: Ele é armazenado dentro da câmara frigorífica.

(2) 4C: Com a câmara de refrigeração fecha ele consegue fazer um tanto de frio armazenado.

Outros 22,9% associaram a manutenção do frio a evitar o aumento de calor no ambiente e utilizaram para isso duas categorias diferentes: (3) *evitando a troca de calor com o ambiente externo*, para 12,5% dos alunos, e (4) *impedindo a penetração do calor*, para 10,4%.

(3) 3C: Evitando que ele troque calor com um ambiente com maior temperatura.

(4) 2D: Em locais com pouca penetração de calor.

(4) 7D: Em locais fechados com o mínimo de radiação, penetração ou infiltração de calor.

É possível perceber que, embora as categorias (3) e (4) refiram-se ao aumento da quantidade de calor no interior da câmara frigorífica, elas pertencem a categorias ontológicas diferentes. A categoria (4) remete a um tratamento substancialista para o calor e a (3) a um tratamento do calor como energia.

Alguns alunos, 6,3%, responderam a categoria (5) *Evitando a troca de temperatura com o ambiente externo*.

(1 e 5) 1A: O frio só é armazenado onde não há troca de temperatura por isso o recipiente tem que ser térmico.

(1 e 5) 10D: O frio é armazenado (na refrigeração) através do isolamento térmico, daí não trocará temperatura.

Todos os indivíduos que responderam à questão proposta utilizando a categoria (5) utilizaram-na em conjunto com outra. Nessa categoria, novamente os

alunos utilizam o conceito de temperatura de forma idêntica ao calor. O indivíduo 1A utiliza o termo “recipiente térmico” como sinônimo de “isolante térmico”, e o indivíduo 10D usa “troca de temperatura” como sinônimo de “troca de calor”. Esses termos são bastante utilizados nessa comunidade, como será discutido nos capítulos 4 e 5.

Na categoria (6) *outras respostas*, damos alguns exemplos:

(6) 3C: No meio de propagação e seus componentes em recipiente como cilindros e outros.

(6) 9D: Se armazena em corpos com maiores contabilidades.

Alguns alunos utilizaram mais de uma categoria para responder à questão:

(2 e 3) 1A: É armazenado dentro de câmaras frigoríficas, freezer onde são bem vedados evitando assim a troca de calor externo com o interno.

(1 e 3) 7C: Através do isolante térmico que bloqueia a saída de ar para que não haja troca de calor com um outro ambiente que está com a temperatura acima.

É possível perceber que a maioria dos sujeitos com respostas em mais de uma categoria mencionam o uso de isolantes térmicos ou da câmara de refrigeração.

A maioria dos sujeitos dessa comunidade atribui ao uso dos isolantes térmicos o “armazenamento do frio”. Apenas 1 aluno se absteve de responder à questão. Mais uma vez podemos destacar que todos os alunos do TCR concordam com aquilo que é proposto na apostila da empresa de refrigeração: a possibilidade de “armazenar o frio”.

A seguir é apresentada a análise para o que são “fios de calor”:

Quadro 11 – Análise da questão para “o que são fios de calor?” (TCR)

	Categorias	Total 49 alunos	
		Nº	%
1	Pequenas quantidades de calor	12	30,8
2	Calor que penetra por frestas (pequenos orifícios) ou pelo próprio isolamento	11	28,2
3	Próprio calor ou a troca de calor	7	17,9
4	Raios de sol ou calor	6	15,4
5	Pequenas quantidades de temperatura	5	12,8
6	Outras respostas	4	10,3
	Total de respostas	45	115,4
	Não respondeu	10	20,4

Fonte: Elaborado pela autora

A maioria dos alunos, 59,0%, respondeu a essa questão dizendo que “fios de calor” referem-se a: (1) *pequenas quantidades de calor*, para 30,8%; ou (2) *calor que penetra por frestas ou pelo próprio isolamento*, para 28,2%.

- (1) 3B: Pequenas quantidades de calor que penetram no ambiente condicionado.
- (1) 12C: Entendo que seja pouco calor.
- (2) 1A: Fios de calor entendo quando há certa passagem de calor por algum mal isolamento no ambiente a ser refrigerado.
- (2) 9C: Com o abrimento das portas do recipiente refrigerado.

Essas duas categorias referem-se aos “fios de calor” como sendo o calor em pequenas quantidades, “penetrando” no ambiente por frestas ou pelo próprio isolamento e, por essa razão, “fios”. Já para 17,9% dos alunos, é o (3) *próprio calor ou a troca de calor*, independentemente da quantidade, como nos exemplos de resposta a seguir:

- (3) 2A: Fios de calor: O calor que é extraído dos alimentos de uma geladeira ou no caso do ar condicionado a troca de calor de um ambiente que é retirada.
- (3) 5C: Calor que penetra do ambiente externo do nosso ambiente para o ambiente interno da câmara.

Nessa categoria, o sujeito parece acreditar que o calor existe como fios, em qualquer quantidade.

Outros 15,4% tratam “fios de calor” como sendo (4) *raios de sol ou calor*.

- (4) 11C: Entendo como se fossem feixes de luz como a do sol, que transmite calor através dos raios solares.
- (4) 2D: São alguns raios de calor que o corpo recebe.

12,8% dos alunos novamente usam calor e temperatura como conceitos idênticos, afirmando que são (5) *pequenas quantidades de temperatura*.

- (5) 4A: Mínima passagem de temperatura ambiente.
- (5) 3D: Pois ele não consegue evitar totalmente a troca de temperatura entre dois ambientes.

Podemos observar mais uma vez a utilização de calor como sinônimo de temperatura.

A categoria (6) *outras respostas* também foi utilizada por 10,3% dos estudantes. Alguns exemplos de respostas:

- (6) 9A: Serve para condensar o gás refrigerante que passa na linha do compressor para condensar.
- (6) 7A: Isolante térmico.

Para finalizar, apresentamos um exemplo de resposta que utilizou mais de uma categoria:

- (2 e 4) 13C: São os poucos raios solares que penetram pelo isolante térmico, não 100% eficaz.

20,4% dos estudantes se abstiveram de responder à questão proposta. Esse foi o maior índice de abstenção dentre todas as questões analisadas nessa comunidade. A citação que serviu de base para introduzirmos essa questão especificamente ao TCR foi retirada de uma apostila fornecida por uma empresa de refrigeração. Os instrutores, quando entrevistados, afirmaram que o termo “fio de calor” não é utilizado por eles no curso. Acreditamos que o índice de abstenção um pouco mais elevado pode ser devido à falta de familiaridade com o modo de falar “fios de calor”.

Tanto o termo “fios de calor”, utilizado pela empresa de refrigeração, como as categorias de respostas criadas para análise sugerem uma utilização substancialista e animista para o calor pela empresa de refrigeração que disponibilizou a apostila. Acreditamos que isso, de certa forma, induziu os sujeitos a responderem usando categorias que tratam o calor como substância. A utilização, por alguns indivíduos, do calor como sinônimo de temperatura ficou evidente em todas as questões analisadas.

3.5 Os alunos do CFO respondem sobre as relações entre calor e temperatura, calor e combustão e calor e conteúdo entálpico

Para o CFO, propusemos uma questão elaborada a partir do Manual de Atividades de Bombeiro (MABOM):

A combustão poderá ser conceituada segundo três pontos de vista:

1. Instituto do fogo

Combustão viva ou comum é um processo de oxidação que desenvolve com velocidade e intensidade suficiente para irradiar quantidades sensíveis de energia térmica e luminosa.

2. Ponto de vista químico

Combustão é uma reação de oxidação irreversível exotérmica processada através de radicais livres.

3. De acordo com a temperatura

Combustão viva ou comum é um processo que ocorre através de um mecanismo menos simples de reação em cadeia, iniciado por um processo endotérmico, acrescido de energia de ativação de conteúdo entálpico. (MABOM, 1985, p. 264).

Qual a relação há entre:

- A) Calor e temperatura?
- B) Calor e combustão?
- C) Calor e conteúdo entálpico?

O objetivo dessas questões era identificar como os alunos do CFO, a partir da leitura do MABOM, interpretam alguns aspectos da combustão e as relações estabelecidas com calor e conteúdo entálpico.

No quadro 12, as respostas para relação entre calor e temperatura foram as seguintes:

Quadro 12 – Análise da questão “relação entre calor e temperatura” (CFO)

	Categorias	Total 54 alunos	
		Nº	%
1	Proporcionais: maior temperatura maior calor	20	37,7
2	A temperatura é medida de calor ou de sua variação	19	35,8
3	Calor aumenta a temperatura do corpo	7	13,2
4	Calor depende da diferença de temperatura entre os corpos	6	11,3
5	Relacionam-se à quantidade de energia transferida	5	9,4
	Total de respostas	57	107,5
	Não respondeu	1	1,9

Fonte: Elaborado pela autora

Para a maioria dos alunos, 37,7%, a relação entre calor e temperatura é de que eles são (1) *proporcionais: maior temperatura maior calor*, ou seja, quanto mais quente, maior a quantidade de calor.

(1) 4Y: Quanto maior a temperatura maior será a sensação de calor sentida.

Nessa categoria, o calor é diretamente associado às temperaturas elevadas e à sensação de quentura.

A segunda categoria estabelece que (2) *temperatura é medida de calor ou de sua variação*, utilizada por 35,8% dos alunos do CFO.

(2) 27Y: A intensidade do calor é feita pontuando a temperatura.

Embora se estabeleça uma relação da temperatura com uma medida, na categoria (2), calor continua sendo uma propriedade do corpo relacionada à sensação térmica e à noção de quentura. Para 13,2%, (3) *calor aumenta a temperatura do corpo* e, para 11,3%, (4) *calor depende da diferença de temperatura entre os corpos*.

(3) 2X: A presença ou ausência de calor promove o aumento ou diminuição da temperatura.

(4) 3Y: Sendo a temperatura o grau de agitação térmica das partículas que compõem um corpo, o calor provém da diferença de temperatura, como energia em trânsito.

Essas duas categorias apresentadas relacionam-se à zona científica de calor, bem como à categoria (5) *Relacionam-se à quantidade de energia transferida*, utilizada por 9,4% dos alunos do CFO.

(5) 27X: O calor está ligado a uma sensação relativa e a temperatura é medida de forma específica e determinada. Ambas estão relacionadas a quantidade de energia recebida ou perdida.

É possível perceber que o aluno que deu a resposta acima relaciona o calor à quantidade de energia e à sensação térmica.

Percebemos que o número de alunos que responderam a essa questão utilizando mais de uma categoria foi pequeno, uma vez que o percentual total de respostas foi 107,5%. A seguir, um exemplo utilizando mais de uma categoria:

(1 e 2) 5Y: Temperatura é medida de calor, quanto mais calor, maior a temperatura.

Ao solicitarmos que estabelecessem as relações entre calor e temperatura, a maioria dos alunos do CFO, 73,5%, utilizou o conceito de calor como idêntico ou

proporcional ao de temperatura, como proposto nas categorias (1) e (2). A utilização da noção de calor como alta temperatura é algo bastante representativo para essa comunidade. Além disso, essas altas temperaturas são avaliadas a partir da sensação térmica, como ficará evidente nos capítulos 4 e 5.

A seguir analisamos as respostas para relação entre calor e combustão:

Quadro 13 – Análise da questão “relação entre calor e combustão” (CFO)

	Categorias	Total 54 alunos	
		Nº	%
1	Combustão libera ou produz calor	33	62,3
2	Combustão necessita de calor para iniciar	21	39,6
3	Outras respostas	3	5,7
	Total de respostas	57	107,5
	Não respondeu	1	1,9

Fonte: Elaborado pela autora

Foi possível perceber que a maioria dos alunos, 62,3%, apresentaram como resposta a categoria (1) *combustão libera ou produz calor*. Já para 39,6%, utilizaram a categoria (2) *combustão necessita de calor para iniciar*.

(1) 2X: A combustão é exotérmica, libera calor.

(1) 4Y: À medida que aumenta a intensidade da combustão, há uma maior irradiação de energia e conseqüentemente de calor.

(2) 2Y: A combustão é uma reação que precisa de calor para ocorrer. Um agente que forneça calor, aliado a combustível e comburente desencadeiam a combustão.

(2) 21Y: O calor, sendo acúmulo de energia, pode levar a combustão caso esteja agindo junto a combustíveis e comburentes.

Há um percentual grande de respostas de alunos que consideram que o calor é “um elemento essencial” ao início da combustão, tal qual proposto no MABOM. Nessas respostas, não é mencionando ser a combustão um processo que produz calor. Há, contudo, alguns alunos que identificaram a combustão como um processo que, além de produzir calor, necessita de calor para iniciar:

(1 e 2) 7Y: A combustão necessita de calor para que essa se inicie e exista. Com a combustão é gerado calor.

A categoria (3) *outras respostas* foi utilizada por 5,7% dos alunos.

(3) 5X: Não há relação de causa e consequência.

É possível perceber que, diferentemente da ciência, essa comunidade considera a reação de combustão endotérmica e exotérmica. Uma conceituação importante para o calor utilizada por essa comunidade é considerar o calor como sendo “um elemento essencial” à ocorrência da combustão, assim como o combustível e o comburente. Essa utilização do calor como um elemento essencial à combustão será mais bem discutida no capítulo 5.

Analisemos agora as respostas para relação entre calor e conteúdo entálpico:

Quadro 14 – Análise da questão “relação entre calor e conteúdo entálpico” (CFO)

	Categorias	Total 54 alunos	
		Nº	%
1	Conteúdo entálpico proporciona variação do calor	19	40,4
2	Proporcional: maior calor maior conteúdo entálpico	15	31,9
3	Conteúdo entálpico proporciona variação da energia	15	31,9
4	Conteúdo entálpico proporciona variação da temperatura	2	4,2
	Total de respostas	50	106,4
	Não respondeu	7	13,0

Fonte: Elaborado pela autora

A categoria mais utilizada pelos alunos para responder a essa questão foi a (3) *proporciona variação do calor*, que foi utilizada por 40,4% dos estudantes do CFO. A seguir, foram utilizadas as categorias (2) *proporcional: maior calor maior conteúdo entálpico* e (3) *conteúdo entálpico proporciona variação da energia*, cada uma com um percentual de 31,9% dos alunos.

(1) 24X: O conteúdo entálpico envolve a quantidade de calor absorvido ou liberado.

(2) 1Y: Quanto maior o calor recebido ou cedido pelo corpo, maior é a variação de entalpia do corpo.

(3) 19X: O conteúdo entálpico representa a energia fornecida pelo corpo a um material combustível para que a combustão seja realmente alcançada.

É possível perceber que, nas 3 categorias propostas, o conteúdo entálpico é associado ao calor ou à variação de energia, podendo ser, na visão da comunidade, a energia fornecida ou recebida pelo ambiente ou corpo. Pela resposta do aluno 1Y, conteúdo entálpico para a comunidade é o mesmo que variação de entalpia.

Já a categoria (4) *proporciona variação da temperatura* apareceu apenas na resposta de 2 alunos do CFO o que corresponde a 4,2% do total.

(4) 27X: Ambos estão associados ao aumento da temperatura.

Segundo os instrutores do curso questionados em entrevista, o conceito de conteúdo entálpico não é abordado nas aulas da disciplina “Técnicas e táticas de combate a incêndio”. Essa pode ser a razão de ter ocorrido um maior percentual de abstenções (13,0%) em relação aos demais itens dessa questão.

Foi possível perceber que o uso do conceito de conteúdo entálpico para essa comunidade é, geralmente, associado à variação de calor ou energia durante o processo de combustão. Contudo, não fica claro se esse conteúdo entálpico é da combustão para o ambiente ou do ambiente para a combustão. Por essa razão, as categorias (1), (3) e (4) foram propostas como “variação”, sem definir ganho ou perda de calor.

A partir dos dados obtidos nos questionários, foi possível perceber que, em ambas as comunidades, os conceitos de calor e frio aparecem associados a modos de falar que os caracterizam como: (i) fluxo de energia; (ii) temperaturas alta e baixa; (iii) sensações térmicas; e (iv) substâncias – ainda que por razões distintas à cada comunidade. Como uso particular do conceito de calor para a atuação prática dos técnicos em refrigeração e para os bombeiros militares, observou-se o modo de falar de calor como, respectivamente, (v) carga térmica e (vi) elemento essencial à combustão.

Analisar de forma mais aprofundada (i) os modos de falar utilizados para conceituar calor e frio; (ii) as construções híbridas, em que mais de um modo de falar é utilizado em um mesmo enunciado na construção desses conceitos e (iii) como as narrativas favorecem às comunidades se apropriarem desses modos de falar e de utilização um determinado conceito, são os objetivos do capítulo 4. Investigar a utilização das zonas do perfil conceitual de calor por cada comunidade será o objetivo do capítulo 5. .

4 OS MODOS DE FALAR SOBRE CALOR E FRIO EM SITUAÇÕES PRÁTICAS APRESENTADAS NOS CURSOS DE FORMAÇÃO

No capítulo anterior, apresentamos alguns dados que nos mostram as concepções que os alunos do curso de formação de técnicos em refrigeração e de bombeiros militares utilizam sobre calor e frio ao responderem um questionário. Neste, analisamos, a partir das aulas e dos manuais dos cursos de formação de cada comunidade, a utilização dos conceitos de calor e frio durante a discussão de uma problema prático enfrentado pelos profissionais da área, quando da atuação profissional. O capítulo está subdividido em duas seções: 4.1 Os alunos do TCR estudam o funcionamento do refrigerador doméstico e 4.2 Os alunos do CFO estudam as fases da evolução de um incêndio.

Para a análise dos problemas práticos de cada comunidade, apresentaremos três importantes questões que serão desenvolvidas e apresentadas ao longo da discussão deste capítulo, a partir do referencial teórico utilizado na condução da pesquisa: (i) os diferentes modos de falar sobre calor, que caracterizam as diferentes zonas do perfil conceitual de calor; (ii) as construções híbridas, em que mais de um modo de falar sobre calor é utilizado, simultaneamente, na utilização desse conceito; e (iii) as narrativas usadas para compartilhar conhecimento nessas comunidades.

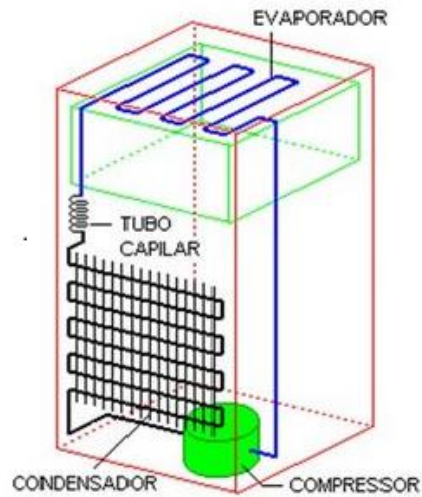
4.1 Os alunos do TCR estudam o funcionamento do refrigerador doméstico

Para explicar para os alunos como funciona um equipamento de refrigeração, o instrutor Carlos utiliza: (i) *um desenho* (Figura 1) feito no quadro para esquematizar os quatro componentes básicos da unidade selada³⁰, que são o evaporador (congelador), o dispositivo de expansão (tubo capilar), o condensador (serpentina externa) e o compressor (motor da geladeira); e (ii) *uma geladeira sem o gabinete* para que os alunos observem a unidade selada (Figura 2). Carlos explica a

³⁰ Unidade selada ou sistema hermético é um conjunto de componentes soldados ou conectados entre si, responsáveis pelo ciclo fundamental da refrigeração e pela troca de calor do ambiente interno da geladeira com o ambiente externo.

função de cada uma dessas unidades do equipamento para o funcionamento do refrigerador doméstico e como ocorre a “produção do frio”.

Figura 1 – Esquema dos componentes da unidade selada do refrigerador doméstico



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 2 – Imagens dos componentes da unidade selada do refrigerador doméstico



Unidade selada



Evaporador



Condensador e compressor

Fonte: Arquivo pessoal

A utilização de diversas formas de falar sobre calor e temperatura também pode ser observada na aula em que Carlos discute sobre o funcionamento do refrigerador doméstico. Transcrevemos³¹ para análise dessa aula uma sequência de, aproximadamente, 5 minutos.

Carlos: Aí o que que ele [o evaporador] faz com esse calor(?) / o que que ele faz(?) / Ele faz o fluido refrigerante sair do líquido para o vapor / O fluido refrigerante não está líquido(?) Ele não entra líquido aqui para ele virar vapor(?) / Ele tem que ganhar calor / Então ele pega esse calor dessa cerveja que eu coloquei a 25 graus e faz esse calor aquecer o fluido refrigerante / aí o fluido refrigerante vai ferver aqui / na hora que ele ferve ele absorve o calor para ele ferver toda hora aqui dentro ele tem que ir tirando calor daquela cerveja / daquele alimento que você coloca aqui dentro / é o alimento que vira a fonte de calor para o fluido refrigerante ferver aqui // tranquilo(?)

Aí o que que acontece no evaporador(?) Ferveu o fluido refrigerante que entrou aqui e absorveu o calor da cerveja e manda lá para o compressor que está lá na sucção / o compressor fica succionando o vapor e descarregando em cima do condensador só que para ele perder esse calor o condensador / o condensador fica responsável por uma tarefa dupla / ele é o que sofre mais porque o calor que o evaporador absorve aqui dos alimentos / das bebidas que são colocadas aqui dentro é mandado para o compressor e no compressor além disso adiciona mais energia e mais calor do evaporador no condensador / aí o condensador fica responsável por eliminar o calor que ele absorve do compressor da energia que o compressor bombeia e o calor que o evaporador absorveu dos alimentos

Ele tem que rejeitar calor 2 vezes / do alimento e do compressor / por isso que o evaporador tem que ser limpo / não pode ser obstruído / o refrigerador tem que estar bem localizado / bem arejado para que ele possa ter uma troca de calor suficiente / por que na hora que ele perde calor aqui para o ambiente se você por a mão nele ele vai estar quente a temperatura de aproximadamente // pode chegar a uns 90 graus lá na saída da descarga depois mais para frente a gente vai ver a influência dessa temperatura / a gente não pode deixar essa temperatura subir demais senão dá problema na máquina aí vai sair com uns 80 90 graus lá na saída do condensador e o compressor vai mandar essa temperatura toda para o condensador aí quem que vai estar mais quente o condensador a 80 graus ou o ambiente a 25 graus(?)

Alunos: O condensador

Dando sequência à fala anterior, o instrutor explica:

³¹ Para realizar a transcrição, utilizamos a seguinte sistematização: para indicar uma mudança no tom, indicativo de uma pergunta, foi mantido no ponto de interrogação (?). A barra, /, indica uma pausa de pouca duração e a barra dupla (//), de uma duração um pouco maior. O colchete, [], indica comentários inseridos durante a análise, para fornecer o contexto ou palavras que não foram ditas. O sinal (()) indica uma fala da pesquisadora permeando o discurso do entrevistado. Os destaques em negrito ou itálico, caso haja, são marcações nossas de trechos que serão analisados e não indicam qualquer inferência sobre o volume ou entonação do discurso.

Carlos: E o fluxo de calor vai ser o mesmo do condensador para o ambiente / imagina só se esse condensador tivesse com a temperatura de 40 graus aí a gente fosse lá pro Rio de Janeiro / Rio de Janeiro 40 graus imagina se o condensador tivesse com 40 e o ambiente com 40 / ia ter troca de calor (?) Não né(?) Por quê(?) // Porque entra em equilíbrio térmico / se existir equilíbrio térmico não tem troca de calor / se ele não consegue retirar o calor que ele está recebendo do compressor e cedendo para o evaporador / o que que vai acontecer(?)

Aluno: Não vai ter troca de temperatura.

Carlos: Não vai gelar porque esse aqui não vai mais conseguir receber calor e o compressor não vai mais conseguir mais perder o calor que ele tá mandando para o condensador // **Então / troca de calor pelo condensador é muito sério em dia muito quente vocês percebem isso na casa de vocês / a geladeira vai ficar mais tempo ligada porque vai demorar a perder aquele calor que o equipamento está recebendo / ainda mais que em dia de calor a tendência da gente é abrir a geladeira toda hora beber uma água gelada comer uma fruta / toda hora que eu abro a geladeira mando mais ar quente lá para dentro aí esse cara aqui [o evaporador] vai sempre absorvendo / absorvendo e o compressor sempre tentando eliminar / eliminar esse calor / só que num dia muito quente imagine que esse aqui [condensador] trabalhe com 80 e o dia vai estar a 40 a troca de calor dele vai começar a querer se igualar / num é(?) / a eficiência vai diminuir quanto mais próximo as duas temperaturas tiverem / temperatura ambiente e temperatura do condensador / menor vai ser a eficiência por isso que num dia mais frio / que você quer tomar uma água mais light / você tira a água da geladeira e vira a água assim e a água está quase congelada lá num dia frio / Por quê? // Num dia frio a diferença de temperatura entre o condensador e o ambiente tá enorme / vamos supor um dia com 17 graus e o condensador trabalhando lá com seus 90 / qual a diferença(?) / Ele vai trabalhar com a eficiência máxima e por isso que no seu refrigerador você vai ter água trincando de gelada**

Carlos explica o funcionamento da unidade selada e a função desses componentes – evaporador, condensador, compressor – para o processo de funcionamento do refrigerador doméstico, e a necessidade de diferença de temperatura entre o equipamento e o ambiente externo para que haja a troca de calor do ambiente interno com o externo.

4.1.1 Os modos de falar sobre calor

Podemos observar nos trechos transcritos que houve a utilização de diferentes modos de falar sobre o calor, que podem ser relacionadas às diferentes zonas do seu perfil conceitual.

É muito comum a utilização pelo instrutor, nos dois trechos transcritos da aula, de termos consolidados pela ciência para se referir aos processos de troca de calor: “perder” e “ganhar” calor. Contudo, outras formas similares de se referir ao

calor, mas não tão familiares à ciência, também são encontradas, tais como: “adicionar”, “mandar”, “pegar” calor ou, em sentido contrário, “eliminar”, “ceder”, “rejeitar” e “tirar” calor. Esses modos de falar referem-se, mesmo que inconscientemente, a um conceito de calor como algo material, uma espécie de fluido contido nos corpos, o que corresponderia à zona do perfil conceitual de calor substancialista.

Outras formas de se referir ao calor também podem ser observadas, tais como “vai estar quente” e “mandar essa temperatura toda”. A noção de quentura, nesse contexto, está associada tanto à sensação térmica como à ideia de quente como temperatura elevada. Já ao se mencionar “mandar” a temperatura para o compressor ou para o ambiente externo, o instrutor parece tratá-la com o sendo o próprio calor. Observamos novamente outras formas importantes, para essa comunidade, de se referir ao calor: como sinônimo de temperatura alta ou como a própria temperatura.

Além das ideias relacionadas ao uso do calor como substância, sensação térmica ou temperatura, o instrutor faz uso de expressões que fazem referência ao tratamento do conceito de calor pela ciência, tais como “fluxo de calor”, “troca de calor” e “equilíbrio térmico”. Esses modos de falar relacionam-se ao tratamento do conceito de calor como sendo proporcional à diferença de temperatura entre dois corpos. Essa é uma categoria ontológica diferente de considerá-lo uma substância, uma vez que o calor é tratado com uma forma de energia em trânsito comparável com a energia do compressor, presente no processo.

Na parte destacada em **negrito**, é possível perceber que o instrutor, além da linguagem científica, também utiliza as linguagens do seu contexto profissional e cotidiano. No mesmo enunciado em que explica sobre a troca de calor e o equilíbrio térmico, utiliza ideias cotidianas – “toda hora que eu abro a geladeira mando mais ar quente lá para dentro” – e técnicas – “o evaporador vai sempre absorvendo, absorvendo e o compressor sempre tentando eliminar, eliminar esse calor”. Essas formas de falar sobre o calor, que o tratam como algo material, dialogam com o conceito científico de calor, na medida em que, ao longo da construção histórica do conceito de calor, os cientistas o trataram com fluido. Mesmo após o declínio da teoria do calórico, em prol da perspectiva do calor como energia em trânsito entre os corpos, o tratamento do calor como um fluido não é completamente abandonada.

Durante o estudo e a proposta de explicação para o funcionamento das máquinas térmicas, o próprio Sadi Carnot chegou a fazer a analogia do calor como sendo um fluido que passaria de um corpo mais quente para outro mais frio. Nessa perspectiva, o calor seria como a água que escoaria entre dois recipientes conectados que se encontrassem em níveis diferentes, em termos de altura da sua coluna, até que os níveis nos dois recipientes fossem iguais. Nesse sentido, percebemos que o tratamento que a ciência dava ao calor como sendo uma substância é importante para explicar o funcionamento das máquinas térmicas.

O manual dos técnicos em refrigeração, ao abordar sobre os componentes da unidade selada, afirma que

A finalidade do evaporador é absorver calor proveniente de três fontes: o calor de penetração através da isolação, o calor da infiltração devido à abertura de portas, o calor dos produtos guardados. [...]
 Uma das unidades básicas do sistema de refrigeração é o condensador, que tem como finalidade liberar o calor absorvido no evaporador e o calor acrescentado na compressão. Essa liberação de calor provém da mudança de estado físico de vapor para líquido. A capacidade de transferência de calor no condensador depende da superfície, da diferença de temperatura existente entre o refrigerante que se condensa e o meio ambiente externo, da quantidade de refrigerante e da condição de transmissão de calor. (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2001).

É possível perceber, nesse trecho, que há uma forma de apresentação da função dos componentes de forma a dialogar com o conceito científico de calor, em que, para haver funcionamento da máquina, é necessário que haja diferença de temperatura entre a condensação do fluido refrigerante e o meio externo, para que assim ocorra uma transferência de calor do ambiente interno para o externo. Observamos assim um modo de falar pertencente ao discurso científico. “A capacidade de transferência de calor no condensador depende da superfície, da diferença de temperatura existente entre o refrigerante que se condensa e o meio ambiente externo, da quantidade de refrigerante e da condição de transmissão de calor”. Mas, atrelado a esse discurso, calor é tratado como uma substância, o que pode ser identificado na utilização de termos como: “absorver calor”, “penetrar” ou “infiltrar” calor.

No trecho, é possível observar ainda que, diferentemente de aula, em que predomina um gênero narrativo, ocorre algo típico do discurso científico. A frase começa com um grupo nominal – *A capacidade de transferência de calor no*

condensador – e o verbo a seguir, no lugar de denotar uma ação ou um estado, denota uma relação com os próximos grupos nominais. Essa estrutura – grupo Nominal + verbo de relação + grupo nominal – é típica do discurso científico, no qual os processos são congelados em grupos nominais e os verbos estabelecem relações entre os processos. Para Mortimer (1998),

Enquanto na linguagem comum predominam narrativas que relatam sequências lineares de eventos, a linguagem científica congela os processos, transformando-os em grupos nominais que são então ligados por verbos que exprimem relações entre esses processos. A linguagem científica é, portanto, predominantemente estrutural enquanto que a linguagem cotidiana é linear, apresentando uma ordem sequencial que é estabelecida e mantida. Na linguagem científica, o agente normalmente está ausente, o que faz com que ela seja aparentemente descontextualizada, ocultando a perspectiva de um narrador. Na linguagem cotidiana, o narrador está sempre presente. (MORTIMER, 1998, p. 102).

Enquanto no discurso da aula o instrutor personifica o condensador, o compressor e o fluido refrigerante, atribuindo a esses artefatos uma ação no processo de refrigeração, na apostila o texto foca nas condições necessárias para que esses artefatos participem do processo de transferência de calor.

4.1.2 As construções híbridas

Tanto no trecho da aula apresentado como em outros presentes ao longo deste capítulo, podemos observar a utilização de uma construção híbrida, como propõe Bakhtin:

Denominamos construção híbrida o enunciado que, segundo índices gramaticais (sintáticos) e composicionais, pertence a um único falante, mas onde, na realidade, estão confundidos dois enunciados, dois modos de falar, dois estilos, duas “linguagens”, duas perspectivas semânticas e axiológicas. Repetimos que entre esses enunciados, estilos, linguagens, perspectivas, não há nenhuma fronteira formal, composicional e sintática: a divisão das vozes e das linguagens ocorre nos limites de um único conjunto sintático, frequentemente nos limites de uma proposição simples, frequentemente também, um mesmo discurso pertence simultaneamente às duas línguas, às duas perspectivas que se cruzam numa proposição híbrida, e, por conseguinte, têm dois sentidos divergentes, dois tons. (BAKHTIN, 1975/1998, p. 110).

Nas construções híbridas, o enunciado pode pertencer a um único falante, mas nele podem estar fundidos dois ou mais modos de falar, duas ou mais

“linguagens”. No discurso socioculturalmente situado, os técnicos em refrigeração e os bombeiros militares, principalmente durante as aulas, apresentam enunciados em que se referem ao conceito de calor ou frio em que utilizam mais de uma zona do perfil conceitual de calor.

Em um mesmo trecho utilizam-se noções de calor associado às ideias de alta temperatura e energia.

O refrigerador tem que estar bem localizado / bem arejado para que ele possa ter uma troca de calor suficiente / por que na hora que ele perde calor aqui para o ambiente se você por a mão nele ele vai estar quente a temperatura de aproximadamente // pode chegar a uns 90 graus

Nesse trecho, o instrutor aborda sobre a necessidade de uma troca de calor eficiente, para que o condensador possa perder calor para o ambiente. Para avaliar a eficiência dessa troca, pode utilizar a sensação térmica, colocando-se a mão para avaliar se o condensador está quente ou não. Essa sensação de quentura é diretamente associada aos valores elevados da temperatura. Assim sendo, nesse trecho, utilizam-se as noções de calor como sensação térmica e temperatura elevada, atreladas ao discurso técnico e científico.

O compressor vai mandar essa temperatura toda para o condensador / aí quem que vai estar mais quente(?) O condensador a 80 graus ou o ambiente a 25 graus(?)

Nesse trecho, o instrutor utiliza o conceito de calor como sendo sinônimo de temperatura, ao mesmo tempo em que o trata como uma substância. A utilização da sensação térmica novamente é feita para avaliar se o condensador está quente ou não, associando calor aos valores elevados da temperatura. Assim sendo, nesse trecho, utilizam-se as noções de calor como sensação térmica, substância e temperatura, atreladas à transferência de energia pelo sistema.

Já no manual é utilizado de forma híbrida o conceito de calor de forma científica e substancialista, como anteriormente apresentado.

4.1.3 As narrativas

Outra análise importante que podemos fazer sobre esse trecho da aula do instrutor diz respeito à abordagem e à construção do argumento de forma narrativa. Bruner apresenta “a narrativa como um modo de pensamento, como uma estrutura

para a organização do nosso conhecimento e como um veículo no processo de educação, especialmente no ensino de ciências”. (BRUNER, 2001, p. 117). Além disso, Lave e Wenger (1991/2011) propõem que as histórias podem ser mais poderosas na transmissão de ideias do que a explicação sobre a própria ideia. Ao trazer o conceito de aprendizagem situada, elas defendem que saber uma regra geral, por si só, não garante que uma generalização possa ser utilizada em circunstâncias específicas. A formação ou aquisição de um princípio abstrato é por si só um evento específico, que ocorre em circunstâncias específicas. Nesse sentido, qualquer "poder de abstração" está completamente situado, na vida das pessoas e na cultura, e pode ser transmitido por meio das histórias.

Bronckart (1999) destaca ainda a importância de distinguir as diferenças textuais dos mundos da ordem do NARRAR e do EXPOR. Quando nos colocamos na ordem do NARRAR, o mundo discursivo é situado em “outro lugar”. Entretanto, esse outro lugar precisa ser parecido com algo conhecido pelo leitor, para que possa ser avaliado ou interpretado. Nesse contexto o instrutor, durante a aula, conta sua história a partir das ações executadas pelos componentes da unidade selada e como essas ações colaboram para que ocorra o processo de refrigeração.

Durante a explicação do funcionamento da unidade selada, o instrutor apresenta os componentes como sendo os personagens da sua história e capazes de executar determinadas ações. As ações têm motivos e não ocorrem ao acaso, nem são determinadas por causa e efeito. O instrutor refere-se ao condensador e ao evaporador das seguintes formas: “Aí o que que ele [o evaporador] faz com esse calor?” ou “toda hora que eu abro a geladeira mando mais ar quente lá para dentro aí esse cara aqui [o evaporador] vai sempre absorvendo, absorvendo e o compressor sempre tentando eliminar eliminar esse calor”.

Há, além de um motivo para que esse discurso rompa o silêncio, uma intriga e uma violação da canonicidade: discutir o processo de refrigeração e como os alimentos, inicialmente a 25° C, tornam-se gelados. O instrutor utiliza uma cerveja como exemplo. Essa forma de abordagem conta algo inesperado e exige do ouvinte uma interpretação e um julgamento daquilo que está sendo narrado. Além de ser apresentada pelo instrutor uma sequência de eventos, há uma avaliação implícita dos eventos contados. O objetivo da intriga é criar no leitor um processo de tensão, que será posteriormente resolvido, eliminando a dúvida do ouvinte e, de alguma

forma, corrigindo ou explicando o “desequilíbrio” que, antes de qualquer coisa, fez com que a história fosse contada. (BRONCKART, 1999).

A narração torna-se essencial para o instrutor extrair um sentido e uma representação daquilo que deseja compartilhar com seus alunos nessa aula. Quando um professor está ensinando e utiliza a narrativa, o ato de contar uma história não é apenas um relato, mas uma forma retórica, pois ele narra sempre da forma mais persuasiva possível. Ele busca, ainda que intuitivamente, que sua narrativa alcance o maior domínio dos fatos apresentados naquela situação particular. O professor narra de uma maneira bem típica, pois seus “personagens” podem ser desde os equipamentos e suas partes – como o compressor, o condensador, o evaporador e o gás – até os próprios conceitos, tais como o calor e temperatura. Notamos ainda uma abordagem fatalista, algo que inevitavelmente ocorre desse modo e que os fatos conduzem a esse desfecho. Durante a sua história, ele destaca o papel de entidades **causais** (a transferência de calor, mudança de temperatura dos produtos colocados no interior da geladeira e mudança de estado físico do fluido refrigerante) e **materiais** (fluido refrigerante, evaporador, condensador, compressor) para o sucesso do processo de refrigeração. No discurso narrativo, as entidades materiais e causais são tratadas em patamar de igualdade, diferentemente do discurso da ciência, em que as relações de causa e efeito são mais enfatizadas no discurso para a compreensão dos processos, que são transformados em grupos nominais.

Nesse contexto de formação, o objetivo do instrutor ao explicar o funcionamento do refrigerador não é, como quando ocorre na educação básica, apenas compreender o funcionamento de uma máquina térmica. O objetivo é compreender o funcionamento do refrigerador para identificar e corrigir possíveis problemas que diminuam seu rendimento ou impeçam seu funcionamento. A personificação do calor e do frio, nesse contexto, é importante para o sujeito identificar e compreender seu objeto de trabalho. É importante ressaltar que alguns sujeitos desse curso podem não ter realizado o Ensino Médio e, portanto, podem não possuir nenhuma formação em física ou química. Mas, ainda assim, o aluno precisa compreender, ainda que de forma prática, como se dá a “produção do frio”. O objetivo dessa compreensão é posteriormente conseguir identificar defeitos na máquina e repará-los. Por isso, torna-se tão importante o ato de contar uma história:

além de envolver cognitivamente o aluno, permite partilhar experiências e já supor possíveis causas de defeitos. Acreditamos que essa forma de abordagem também pode proporcionar uma aprendizagem situada.

4.2 Os alunos do CFO estudam as fases da evolução de um incêndio

A utilização de diversas formas de falar sobre calor e temperatura também é observada durante a aula do instrutor Silva, no curso de formação de oficiais do Bombeiro Militar.

Para discutir com os alunos sobre a evolução e a propagação das chamas durante um incêndio em um local fechado, o oficial Silva explica as fases de uma combustão:

Silva: Pois é / então vocês tem que ter em mente aqui é o seguinte // 1ª fase / rica em oxigênio 20 por cento / né(?) / então a chama vai ser viva // vai ter ali liberação de vapores / e a temperatura vai estar ali na faixa de uns 40 graus // 2ª fase / a quantidade de oxigênio baixa para 17% / baixa a intensidade da chama e a velocidade de combustão / e o calor continua aumentando / tranquilo isso(?) // a 3ª fase está ali entre 13 e 15 por cento / então ali há ausência ou quase nenhuma chama / e o calor acima de 300 - 400 graus / entre 300 - 400 graus / e a produção de vapores inflamáveis muita fumaça // e é o que eu falei com vocês aos 100 graus já fica difícil / só o pessoal lá do norte que consegue ficar em uma sauna a mais de 100 graus // e a 4ª fase que é abaixo de 13% de oxigênio / onde não há chamas / não há // é / é // há muita fumaça / a temperatura está a cima de 500 graus // 500 graus ou mais / e há o risco de explosão com a entrada de oxigênio

Nessa situação apresentada pelo instrutor, o incêndio ocorre em um local fechado e pouco ventilado. À medida que o incêndio evolui, o oxigênio presente no ar desse ambiente vai sendo consumido e com isso sua quantidade vai diminuindo. Caso haja uma entrada súbita de oxigênio, com a abertura de uma porta ou de uma janela, pode ocorrer um *backdraft*. Segundo o Manual de Combate a Incêndios em Locais Confinados (2006):

Backdraft: é a explosão ambiental provocada por uma ventilação inadequada num ambiente com baixa porcentagem de oxigênio, que está repleto de produtos da combustão superaquecidos, oriundos da queima lenta ou da última etapa da queima livre [...]

Quando o nível de O₂ cai abaixo de 15% as chamas, que até então eram vivas, cessam e o fogo permanece em estado de latência, sendo que grande volume de monóxido de carbono (CO) é produzido. Contudo, o calor da queima livre e as partículas de carbono não queimadas permanecem no ambiente, bem como outros gases inflamáveis, produtos da combustão, que estarão prontos a incendiar-se rapidamente, assim que o oxigênio for suficiente, e com a entrada brusca do oxigênio, esse ambiente explodirá, o

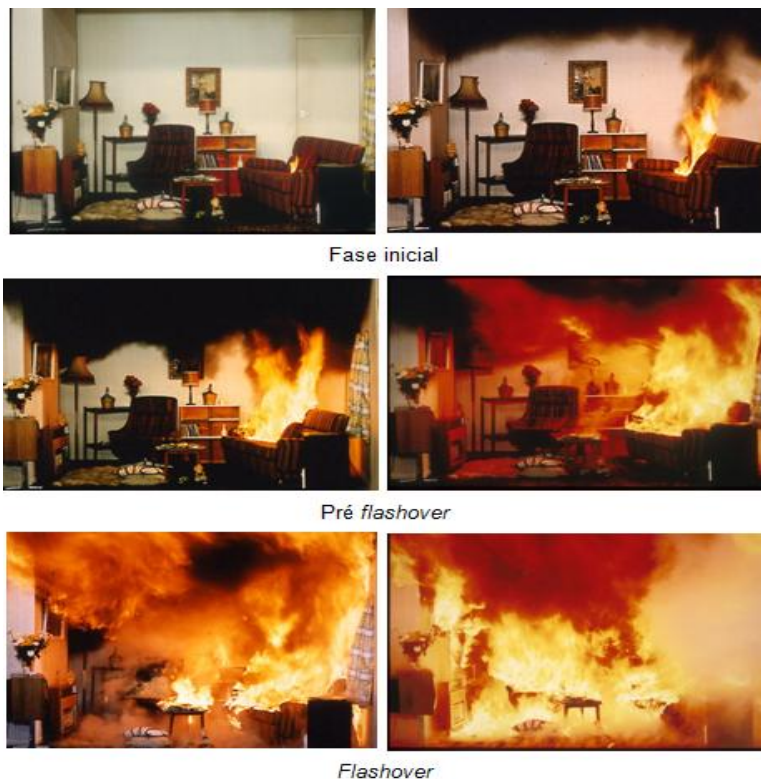
que chamamos de “backdraft”. (MANUAL DE COMBATE A INCÊNDIOS, 2006, p. 25).

Outra situação de incêndio em local confinado ocorre quando há oxigênio suficiente para que se complete a combustão. Assim que os objetos presentes nesse ambiente atingirem a temperatura de fulgor, ocorrerá um fenômeno denominado *flashover*.

Flashover: é uma queima rápida dos produtos da combustão no ambiente sinistrado ou num outro próximo, e durante o incêndio em um ambiente confinado, o calor é absorvido pelo teto da edificação e pelas partes mais altas das paredes e irradia-se para as partes mais baixas, aquecendo gradualmente os gases combustíveis que estão no ambiente, quando os combustíveis alcançam sua temperatura de ignição, o fogo toma conta de todo ambiente instantaneamente. (MANUAL DE COMBATE A INCÊNDIOS, 2006, p. 26).

Após a fala transcrita no trecho anterior, o instrutor Silva exibe um vídeo e apresenta as imagens a seguir, extraídas do vídeo, para exemplificar a ocorrência do *flashover*.

Figura 3 – Imagens da evolução de um incêndio e ocorrência do *flashover*



Fonte: Vídeo fornecido pelo corpo de bombeiros

A seguir, o Oficial Silva faz a explicação do vídeo exibido, transcrita a seguir:

Silva: Vocês podem observar que na fase inicial da incubação // você vê que ela [a chama] ainda fica estática ali / fica restrita àquele pedaço mas depois que ela começa a pegar fôlego // começa a acumular energia calorífica aí já começa a espalhar // então / chamas vivas // a fase em que já deflagrou / começou a incendiar os objetos do lado // há acúmulo de material aquecido de gás aquecido no teto // daqui a pouco vai haver defecção das chamas // o que que é isso? / a chama ela vai começar a aparecer lá / a chama vai começar a bater no teto / vai começar / a temperatura muito alta / vai começar a fazer o que (?) / buscar a partícula que está em condição de ser / de entrar em combustão do outro lado // há acúmulo de calor nas quinas e nas pontas / daqui a pouco aquele objeto que está em cima daquela estantezinha naquela prateleira e já começou a desprender vapores e vai começar a pegar fogo também // observem o sofá / o abajur / já começou a desprender vapores da fase de / está entrando na fase de propagação / aí uma fase de pré-*flashover* / e o *flashover* em geral // Condições ideais né(?) / aumentou a velocidade da combustão / o acúmulo de calor / o local está fechado

Silva explica aos alunos as fases de propagação de um incêndio, até que ocorra o *flashover*.

4.2.1 Os modos de falar sobre calor

Podemos observar, nos trechos transcritos, que houve a utilização de diferentes modos de falar sobre o conceito de calor, que podem ser relacionadas às diferentes zonas de seu perfil conceitual.

A utilização de termos como “o calor continua aumentando” ou “há acúmulo de calor nas quinas e nas pontas” demonstra um uso substancialista desse conceito, ao tratar o calor como algo que é desprendido durante o processo de combustão e é capaz de ser retido no ambiente. O modo de tratar o incêndio como algo que pode “acumular energia calorífica” mostra um modo de falar que procura relacioná-lo à energia e, portando, ao tratamento científico. Na expressão “calor acima de 300 – 400 °C, entre 300 – 400 °C”, identificamos um modo de falar que trata o calor como sendo equivalente a temperatura elevada.

Outro modo de falar sobre calor que também é importante nessa comunidade diz respeito à visão de sensação térmica como medida de temperatura e de calor: “eu falei com vocês aos 100 °C já fica difícil / só o pessoal lá do norte que consegue ficar em uma sauna a mais de 100 °C”. Essa comunidade, durante o combate ao

incêndio, utiliza constantemente a percepção sensorial para avaliar o risco de aproximação das pessoas do local incendiado.

Outro modo de falar que chama a atenção nesse trecho diz respeito ao tratamento animista para a chama. O instrutor menciona que “a chama começa a pegar fôlego”; que “a chama vai começar a bater no teto” e “vai começar a buscar a partícula que está em condição de entrar em combustão do outro lado”. Nesses modos de falar, podemos identificar a chama como “algo vivo”, realizando ações e desejos.

No manual dessa comunidade, ao falar sobre o tetraedro do fogo e as fases do incêndio, também podemos destacar alguns modos de falar sobre o calor.

1- Combustível: é toda substância capaz de queimar e alimentar a combustão, servindo de campo para a propagação do fogo.

Os combustíveis podem ser sólidos, líquidos ou gasosos, e a grande maioria passa para o estado gasoso para então combinar com o oxigênio. A velocidade da queima de um combustível depende de sua capacidade de combinação com o oxigênio sob a ação do calor e de sua fragmentação (área de contato com o oxigênio).

2- Comburente: é o elemento que possibilita vida às chamas e intensifica a combustão. Normalmente este papel é desempenhado pelo oxigênio, portanto, em ambientes pobres de oxigênio, o fogo não tem chamas e a combustão é mais lenta, enquanto em ambientes ricos em oxigênio as chamas são intensas, brilhantes, com elevada temperatura e a combustão tem maior velocidade.

3- Calor: é o elemento que serve para dar início a uma combustão, mantendo e aumentando a propagação. A temperatura de fulgor dos corpos varia de material para material, assim a gasolina vaporiza a temperatura muito baixa, enquanto que a madeira e o carvão exigem mais calor e assim sucessivamente, aumentando a quantidade de calor podemos vaporizar quase todos os combustíveis.

[...]

4- Reação em cadeia: A reação em cadeia torna a queima autossustentável. O calor irradiado das chamas atinge o combustível e este é decomposto em partículas menores, que se combinam com o oxigênio e queimam, irradiando outra vez calor para o combustível, formando um ciclo constante. (MANUAL DE COMBATE A INCÊNDIOS, 2006, p.18-16, 21).

Podemos observar que, embora se fale sobre o combustível e o comburente, definidos pela ciência como essenciais para uma reação química de combustão, essa comunidade incorpora ao processo de combustão a necessidade de existência do calor. Nesse contexto, calor é tratado como substância: “Calor é o elemento que serve para dar início a uma combustão, mantendo e aumentando a propagação”.

A seguir, o manual explica as fases do incêndio em um local confinado:

Fases do incêndio em local confinado

1) **Estágio de crescimento ou fase inicial:** [...] Nesta fase o bombeiro não será incomodado pelo calor do ambiente, porém, dependendo do combustível que está queimando, podem existir fumaça e gases nocivos. [...]

2) **Estágio de pleno desenvolvimento ou queima livre:** nesta fase, todo o local está em chamas e o fogo alcança a sua maior temperatura. [...]

Podemos, na prática, dividir a fase da queima livre em:

Suportável: é a etapa em que a queima livre não aqueceu o ambiente a altas temperaturas e os bombeiros poderão entrar sem sofrerem danos oriundos do calor ambiental, utilizando o EPI (equipamento de proteção individual) para combate ao incêndio.

Insuportável : é a etapa onde a queima livre aqueceu o ambiente a temperaturas tais que impossibilitarão a entrada dos bombeiros, mesmo utilizando EPI (equipamento de proteção individual) e EPR (equipamento de proteção respiratória).

3) **Estágio de declínio ou queima lenta:** nesta fase a porcentagem de oxigênio no ambiente é reduzida, o que levará a combustão a ter pouca ou nenhuma chama. O ambiente estará repleto de produtos da combustão que não se queimaram devido ao baixo nível de oxigênio, porém, estará superaquecido em decorrência do calor que foi gerado na fase da queima livre [...]. (MANUAL DE COMBATE A INCÊNDIOS, 2006, p. 22-25).

Nesse trecho, é importante destacar o uso da sensação térmica para a comunidade como importante fator para a avaliação da quantidade de calor. Na primeira fase do incêndio, menciona-se que o bombeiro “não será incomodado pelo calor do ambiente”. Já ao falar sobre o estágio de pleno desenvolvimento ou queima livre, essa fase pode ser subdivida em suportável ou insuportável, dependendo da quantidade de calor que “aqueceu o ambiente a temperaturas tais que impossibilitarão a entrada dos bombeiros”, mesmo com EPI (Equipamento de Proteção Individual).

Foi possível perceber para essa comunidade formas de falar que relacionam calor à sensação térmica, substância, temperatura e energia. Observamos ainda a utilização de conceitos animistas para descrever o comportamento das chamas.

4.2.2 As construções híbridas

As construções híbridas podem ser observadas em diversos momentos. Ao explicar sobre as fases de uma combustão, o instrutor associa o conceito de calor a modos de falar substancialistas e a altas temperaturas.

Calor continua aumentando / tranquilo isso(?) // a 3ª fase está ali entre 13 e 15 por cento / então ali há ausência ou quase nenhuma chama / e o calor acima de 300 – 400 graus / entre 300 - 400 graus /

O instrutor afirma que o calor continua aumentando naquele sistema, como um produto da combustão que fica ali armazenado, apresentando um tratamento substancialista para o processo. A temperatura é usada como sinônimo de calor.

Observamos nesse mesmo trecho o modo de falar sobre calor como sensação térmica, associando-o a altas temperaturas.

Aos 100 graus já fica difícil / só o pessoal lá do norte que consegue ficar em uma sauna a mais de 100 graus // e a 4ª fase que é abaixo de 13 por cento de oxigênio / onde não há chamas / não há // é / é // há muita fumaça / a temperatura está acima de 500 graus // 500 graus ou mais / e há o risco de explosão com a entrada de oxigênio

Em um mesmo episódio da aula, calor pode ser associado à substância, à temperatura e à sensação térmica.

O conceito de calor como energia também aparece associado ao conceito substancialista um pouco mais adiante nessa mesma aula:

Começa a acumular energia calorífica aí já começa a espalhar // então / chamas vivas // a fase em que já deflagrou / começou a incendiar os objetos do lado // há acúmulo de material aquecido de gás aquecido no teto

Aqui, o instrutor refere-se à energia. Contudo, fala também sobre o acúmulo de material aquecido no teto. Esse material aquecido, em outro momento, é tratado como o próprio calor, ou seja, uma substância.

4.2.3 As narrativas

Durante a aula, o Oficial Silva apresenta as fases da combustão e como se dá a propagação do fogo de forma narrativa. Ao contar essa história, o instrutor tem como objetivo explicar como um bombeiro deve avaliar a situação antes de começar a debelar o incêndio, ou mesmo abrir uma porta para a entrada de oxigênio. A intriga se dá em descobrir como uma chama passa de um local para outro sem o contato direto entre os objetos (*flashover*), ou como a entrada súbita de oxigênio é capaz de provocar uma explosão (*backdraft*). Para isso, o instrutor personifica a chama, a temperatura e até mesmo o calor. Ele chega a atribuir à chama e à temperatura características de algo vivo. O instrutor afirma que “a chama vai começar a aparecer

lá (do outro lado do ambiente), a chama vai começar a bater no teto. A temperatura muito alta / vai começar a fazer o que? Buscar a partícula que está em condição de entrar em combustão do outro lado. Há acúmulo de calor nas quinas e nas pontas.” A chama, a temperatura e o calor transformam-se em personagens da história. As ações da chama têm motivos e não ocorrem ao acaso, nem são determinadas por causa e efeito.

Há, além de um motivo para que esse discurso rompa o silêncio, uma intriga e uma violação da canonicidade: discutir a evolução de um incêndio em local fechado. Ao contar uma história, o instrutor exige do ouvinte uma interpretação e um julgamento daquilo que está sendo narrado. Além de ser apresentada uma sequência de eventos, há uma avaliação implícita dos eventos contados. Em situações práticas, o bombeiro precisa avaliar o local para tomar decisões sobre o melhor procedimento a ser executado: abrir ou não uma porta, por exemplo, para a entrada do ar. A intriga busca criar no aluno esse processo de tensão que existe nas situações práticas diante dessa escolha. A narração torna-se essencial para o instrutor extrair um sentido e uma representação daquilo que deseja compartilhar com seus alunos nessa aula.

Os “personagens” dessa história também aparecem como entidades **causais** (a transferência / “acúmulo” de calor, variação da quantidade de oxigênio, aumento da temperatura do ambiente) e **materiais** (chama, fumaça, vapores quentes) para que o aluno compreenda como se dá a evolução e as fases de um incêndio.

Nesse contexto de formação, o objetivo do instrutor ao explicar as fases da combustão não é, como quando ocorre na educação básica, apenas compreender o processo de combustão. O objetivo é compreender os procedimentos a serem tomados, de maneira mais segura para a preservação da integridade física do sujeito, das vítimas e mesmo do patrimônio, quando do combate ao incêndio. A personificação do calor e da chama, nesse contexto, é importante para o sujeito identificar e compreender seu objeto de trabalho: o combate ao incêndio. O ato de contar uma história, além de envolver cognitivamente o aluno, permite partilhar experiências e já supor possíveis procedimentos e ações a serem tomadas. Por essa razão, podemos considerar que, neste contexto, ocorre uma aprendizagem situada.

Neste capítulo, buscamos apresentar como um problema prático enfrentado por cada uma das comunidades, técnicos em refrigeração e bombeiros militares, é estudado pelos alunos nos cursos de formação dessas profissões: (i) o funcionamento dos refrigeradores domésticos, para os técnicos em refrigeração e (ii) as fases da evolução de um incêndio, para os bombeiros militares. A partir do enfrentamento dessas situações, procuramos identificar: (i) Os modos de falar sobre calor, comuns e particulares, em cada comunidade. Foi possível identificar que ambas as comunidades utilizam, ainda que por diferentes razões, as noções de sensação térmica, temperatura, substância e energia para conceituar e operacionalizar o calor. Formas animistas de tratamento para o calor foram identificadas no discurso dos bombeiros militares associado à chama. Outra particularidade de utilização para o conceito de calor está associada à “carga térmica”, para os técnicos em refrigeração, e “tetraedro ou triângulo do fogo”, para os bombeiros. Esses usos serão discutidos no capítulo 5. (ii) Os discursos híbridos, em que mais de uma zona do perfil conceitual de calor é utilizada por ambas as comunidades. O conceito científico aparece sempre associado à utilização do calor como sensação térmica e/ou temperatura e/ou substância. (iii) O discurso narrativo, que mostra-se fundamental para a abordagem e enfrentamento dos problemas das comunidades.

No próximo capítulo, discutiremos a utilização das zonas do perfil conceitual de calor pelos sujeitos dessas comunidades, objetivo central desta pesquisa.

5 AS ZONAS DO PERFIL CONCEITUAL DE CALOR PARA BOMBEIROS MILITARES E TÉCNICOS EM REFRIGERAÇÃO

Para dar continuidade à investigação sobre como o conceito de calor e outros a ele relacionados são utilizados nas comunidades dos técnicos em refrigeração e bombeiros militares, utilizaremos a fala de um dos instrutores do curso em refrigeração, ao longo da entrevista realizada.

Carlos: Troca de calor é na área de refrigeração a gente ter um corpo quente e um corpo frio / a gente sabe que na refrigeração o corpo frio ele tende a absorver calor e o corpo quente tende a rejeitar calor / quando você tem a máquina de refrigeração ela trabalha nesse processo ela abaixa a temperatura de um ambiente seja uma sala / seja um gabinete / seja uma câmara frigorífica / temperatura interna e tem que transferir essa temperatura / que é o calor na verdade / para área externa

Esse pequeno trecho nos mostra como diferentes modos de falar sobre calor, indicando o uso de diferentes zonas do seu perfil conceitual, são acessados e utilizados nesse discurso.

Na fala do instrutor sobre um corpo quente e um corpo frio, além de “o quente” e “o frio” serem considerados como propriedades do corpo, percebemos que esses termos são utilizados para designar maiores e menores temperaturas, a partir da sensação térmica. Ao dizer que o corpo quente tende a rejeitar calor, observarmos que o calor é tratado como uma substância. Ao mencionar que “tem que transferir essa temperatura” do ambiente interno para o externo e que ela “é calor na verdade”, percebemos que os conceitos de calor e temperatura são utilizados de modo indiferenciado.

Nos capítulos anteriores, apresentamos alguns dados que nos mostram as concepções que os alunos dos cursos de formação de oficiais bombeiros militares e técnico em refrigeração utilizaram sobre calor e frio ao responderem um questionário (capítulo 3), bem como alguns modos de falar sobre calor que emergem durante as aulas e nos manuais desses profissionais (capítulo 4). Neste capítulo, pretendemos discutir, a partir da pesquisa realizada e dos dados coletados nas entrevistas e observações realizadas em campo, a utilização das zonas do perfil conceitual de calor proposto por Amaral e Mortimer (2001) nessas comunidades. O que distingue este capítulo do anterior (capítulo 4) é que nele atribuímos os modos de falar às

zonas do perfil conceitual de calor, enquanto que no capítulo 4 destacamos como problemas práticos apresentados aos membros das comunidades geram modos de falar característicos, que incluem a narrativa e os discursos híbridos.

Pretendemos, nas quatro seções desse capítulo - 5.1 Calor e frio como sensação térmica; 5.2 Calor como temperatura alta e frio como baixa; 5.3 Calor e frio como substâncias; e 5.4 Calor como energia - discutir, a partir dos dados de pesquisa, as seguintes zonas do perfil conceitual de calor: (1) calor como sensações térmicas; (2) calor como temperatura elevada; (3) calor como substância; e (4) calor como energia. As zonas do perfil conceitual de calor foram renomeadas neste trabalho. Essas zonas foram denominadas por Amaral e Mortimer de (i) realista; (ii) empírica; (iii) substancialista; e (iv) racionalista. Esses autores denominavam as zonas de acordo com a epistemologia bachelardiana, algo que julgamos ter superado neste trabalho. Acreditamos que a nova nomenclatura possa ser relacionada de um modo mais imediato aos conceitos de calor e frio utilizados pelas comunidades.

A zona animista para o conceito de calor não terá uma seção exclusiva devido ao seu uso menos expressivo, pelas comunidades, quando comparado às demais. Além disso, a zona animista foi utilizada apenas por Bombeiros Militares e de forma híbrida à zona substancialista. Por essa razão, as concepções que abordam o calor como algo vivo e com vontade própria serão apresentadas na seção que trata o calor como substância.

5.1 Calor e frio como sensação térmica

A primeira zona do perfil conceitual de calor é relacionada às ideias mais primitivas e imediatas para a interpretação do calor: aquelas nascidas das sensações de quente e de frio. Possivelmente, a percepção do calor como a sensação de quente se dá a partir da descoberta do fogo. Com a experimentação da sensação de quente e de frio ao toque de vários materiais, inicia-se a construção da noção de "carga" de calor. Nessa perspectiva, ainda é desconhecida ou desconsiderada a existência de uma temperatura ambiente. Exemplos como "o metal é frio" e "a madeira é quente" demonstram uma compreensão de que a

temperatura é uma característica inerente da matéria e sua avaliação é feita a partir do estímulo de sensações térmicas. (AMARAL; MORTIMER, 2001).

A utilização da sensação térmica para avaliar a quentura de um corpo é um importante aspecto cultural e também possui um valor pragmático para as comunidades envolvidas. Apresentaremos alguns resultados que evidenciam que, mesmo para os sujeitos que utilizam termômetros para medições de temperatura em sua atividade profissional, a perspectiva do calor como sendo igual ou proporcional à sensação térmica não é abandonada.

A estimativa da temperatura de um ambiente a partir das sensações térmicas pode ser considerada uma importante utilização do conceito de calor no desenvolvimento dos trabalhos em que estarão envolvidos os técnicos de refrigeração e os bombeiros militares. Ambos os profissionais necessitam estimar as condições de um determinado ambiente e, conseqüentemente, utilizam as sensações térmicas para examinar (i) o “conforto” em um determinado local que está sendo condicionado ou (ii) os riscos da produção de calor para a aproximação humana em um local incendiado.

Nos resultados dos questionários, apresentados no capítulo 3, as definições de frio e calor apresentam categorias diretamente relacionadas à sensação térmica, o que demonstra a importância do uso dessa zona do perfil conceitual de calor para essas comunidades. No capítulo 4, também apresentamos a utilização da sensação térmica durante o estudo de um problema prático nas comunidades.

5.1.1 Os técnicos em refrigeração

Apresentaremos nesta seção os conceitos de calor como quente e frio a partir da avaliação sensorial, utilizados pelos os técnicos em refrigeração.

O instrutor Daniel, ao ser questionado sobre a relação entre calor e sensação térmica, explica qual o uso da sensação térmica para o técnico:

Daniel: Eu dou um exemplo prático para o meu aluno / você entra em um banco / porque que você entra num banco você sente a sensação térmica legal ou muitas vezes senti até um calafrio(?) Quando você sente a sensação térmica legal é porque o fluxo de calor seu para aquele ambiente interno do banco é legal tá / tá sendo o fluxo que o engenheiro projetista definiu para aquele ar condicionado / Agora se você entra e sente um

calafrio é porque o fluxo é bem maior / a taxa de transferência é bem maior do que seria necessário / ou seja você está na zona de desconforto térmico.
 Pesquisadora: E isso acontece quando a temperatura interna do banco está muito menor [...]
 Daniel: abaixo da temperatura de projeto que seria 24º graus e 55 por cento de umidade relativa ideal para o metabolismo de uma grande maioria

É possível perceber, pelo exemplo prático dado por esse instrutor, que mesmo ele utilizando a ideia de fluxo de calor do corpo humano para o ambiente no projeto de climatização de um determinado banco, ao avaliar o funcionamento do ar condicionado de um local refrigerado, a sensação térmica é muito importante para avaliar o conforto ou desconforto térmico.

Durante a entrevista, ao ser questionado pela pesquisadora sobre as relações entre calor e quente, o instrutor André fornece a seguinte resposta:

André: Olha calor / calor é quente / existe [relação] é / ou seja / na prática né é o mais comum é a gente associar o calor a quente né(?) mas para mim no campo de refrigeração o calor não é só quente / é o como se diz o frio também né? Por que eu preciso de retirar aquele calor / então eu preciso de saber qual é a quantidade de calor que eu tenho que tá retirando / mas existe essa relação de calor e quente.

André admite a relação entre calor e quente e ainda afirma que calor não é apenas quente, mas também é o frio. Pela explicação posterior, é possível perceber que na refrigeração é possível retirar calor de um ambiente que já está frio. Retirando-se calor do frio, o frio torna-se ainda mais frio, pois o ambiente frio também contém calor, mesmo que em menor quantidade. Nessa concepção, embora se utilize a sensação térmica para estimar a quantidade de calor, é diferente de considerar o calor e o frio na visão dualista, como coisas opostas.

Assim como Daniel, André afirma que é importante a utilização da sensação térmica para avaliar o conforto do ambiente. André também utiliza a sensação térmica para definir a diferença entre calor e temperatura:

Pesquisadora: Na área de refrigeração existe alguma diferença entre calor e temperatura(?)
 André: Se existe diferença(?) Ah existe / com certeza
 Pesquisadora: O que é um e o que é outro(?) Assim / qual que é a diferença(?)
 André: Olha / a temperatura / ela é a medida da sensação térmica daquele ambiente / O calor é que eu preciso de retirar pra que chegue naquela temperatura

André demonstra que, ao considerar um ambiente refrigerado, é importante avaliar a sensação térmica do ambiente, uma vez que este é o foco do trabalho na refrigeração. A sensação térmica define qual será a temperatura confortável para o ambiente. A partir do estabelecimento dessa temperatura ideal, estima-se a capacidade da máquina para retirar a quantidade de calor necessária para atingir a temperatura adequada.

Mais adiante na entrevista, Daniel e André foram convidados a definir o que é frio, respondendo à questão “Para você o que é frio?”:

Daniel: Pra mim o que é frio(?) É tudo aquilo que está abaixo da minha temperatura corpórea / para mim então por exemplo eu estou a 37º graus de temperatura corpórea / se eu entrar dentro de um ambiente que a temperatura for 20 graus aquele ambiente para mim está frio, porque(?) Porque se eu ficar lá só de roupa íntima eu vou começar a sentir calafrios

André: Frio // Olha, frio é o seguinte / todo corpo ele / ele de acordo com sua estrutura ele tem uma / vamos falar do corpo humano / o corpo humano ele tem lá uma temperatura ideal dele / se não me engano é 36 graus / eu vejo como frio tudo aquilo que está abaixo do corpo da temperatura do corpo humano/ o que a gente sente / Então o que eu entendo como frio é // seria isso.

Para essa definição, ambos utilizam exclusivamente a sensação térmica, utilizando o corpo humano para avaliar o conforto térmico.

Carlos, outro instrutor do curso em refrigeração, também utiliza a sensação térmica para estabelecer a relação entre frio e baixa temperatura:

Pesquisadora: Agora temperatura baixa ou abaixo do corpo significa frio(?)
 Carlos: É frio é porque é isso que eu estou falando a pessoa / eles sempre partem da experiência do dia a dia deles / eles sempre têm como referência alguma coisa do dia a dia / você fala que está frio eles vão imaginar temperatura mais baixa que o corpo / o corpo sente né(?)

Os três instrutores parecem concordar com o fato de que a sensação térmica é importante para a definição de frio. Embora a ideia de energia seja utilizada em um primeiro momento para a definição do calor, a definição do frio ocorre, predominantemente, a partir da sensação térmica.

Para André, o uso da sensação térmica também tem um valor pragmático. Ele expressa isso ao avaliar a eficiência de uma máquina de refrigeração:

Pesquisadora: E essa associação do frio à sensação térmica / ela é muito usada na refrigeração(?)

André: Ah é / com certeza(!) // mas é muito comum a gente usar

Pesquisadora: Dá para usar e funciona(?)

André: Funciona / porque quando você percebe que a sensação térmica tá bem diferente / bem inferior à que você tem do seu corpo então é sinal que a máquina está trabalhando bem / isso no caso do ar condicionado dá para fazer isso / agora na refrigeração dependendo da temperatura de trabalho já não dá / aí já é mais complexo

No capítulo 4, apresentamos o trecho da aula em que o instrutor explica o funcionamento do refrigerador doméstico. Ele também fala que a sensação térmica pode ser utilizada para avaliar o funcionamento da máquina, ao dizer que “na hora que [o condensador] perde calor aqui para o ambiente se você por a mão nele ele vai estar quente”. A sensação térmica permite estimar se a temperatura do condensador está apropriada para o bom funcionamento da geladeira.

Outra fonte de coleta de dados utilizada para essa comunidade foi o acompanhamento das atividades de uma equipe de técnicos que trabalham com instalação e manutenção de câmaras frigoríficas. O objetivo era acompanhar o diálogo desses profissionais em campo, quando da atuação profissional.

Na visita de campo foi possível perceber o uso da sensação térmica para avaliar o funcionamento de uma câmara frigorífica. Durante uma das visitas técnicas, enquanto explicava o funcionamento de um motor que estava sendo ligado pela primeira vez, o técnico Paulo fala sobre como ele avalia se a temperatura no interior da câmara frigorífica está diminuindo, sem adentrá-la:

Paulo: A tendência aqui é pelo fato de estar caindo quer dizer que lá dentro tá caindo a temperatura lá dentro a pressão está 220 libras / está aumentando / ela subiu toda / aí fica melhor // pode ver que aqui a temperatura está subindo / põe a mão para você ver a condensação / olha o ar quente que começou a mandar / lembra que no começo estava bem frio(?) Essa é a troca de calor / eu estou tirando todo o calor que está lá dentro / eu estou tirando e mandando aqui pra fora / jogando fora por aqui

É possível perceber a utilização prática do termo “troca de calor” pelo técnico entrevistado. Além disso, ele diz que toca a tubulação externa para sentir a temperatura do gás refrigerante que retorna para o compressor. Assim, ele associa a diminuição da temperatura interna da câmara frigorífica, por meio da sensação térmica, à percepção de que a “temperatura está subindo” na tubulação externa da máquina. Há outras utilizações feitas pelo técnico para o conceito de calor que

podem ser determinadas como substancialistas: “tirando todo o calor que está lá dentro” da câmara e “mandando”, “jogando fora” para o ambiente externo. Nessa perspectiva, calor está sendo tratado como algo material, como uma substância. Temos, nesse exemplo, um discurso híbrido.

No trecho transcrito abaixo, a pesquisadora discute com o instrutor Carlos, ao final da entrevista, sobre a utilização por essa comunidade dos conceitos de calor e frio como coisas diferentes e do calor como substância.

Pesquisadora: E a última questão que eu tenho aqui para discutir com você é até um pouco dessa minha observação aqui no SENAI / no campo que eu fiz do técnico que eu fui ver a montagem de câmara frigorífica e dos questionários / Assim / na minha leitura eu vejo que na área de refrigeração / se eu tiver equivocada me fala eu quero é discutir realmente né(?) / aparece muito essa ideia de frio e calor como coisas diferentes e também a ideia do frio como algo material / até aparece isso na entrevista de algum dos alunos que diz assim “O frio é como o ar que a gente respira” ou seja, ele trata o frio como uma substância mesmo / Então o que que você pensa(?) Como isso se origina na refrigeração e se esse conceito de tratar o frio como algo material / se ele é útil(?) se ele atrapalha ou se ele interfere / que que você pensa disso na refrigeração(?) / vamos primeiro / vamos por parte / Como que origina(?)

Carlos: Ok(!) Eu acho que essa ideia aí do você tratar essa antagonia né / dos dois dos dois conceitos é parte assim da / da experiência que os alunos tem mesmo né(?) / Vem de família / vem de do dia a dia o que eles / tipo o que eles ouvem nasceram ouvindo e falam sobre calor / sobre o frio / ah calor é um dia muito quente / você tá com / você sente muito calor / ou frio / um dia muito frio que você sente frio enfia a mão num gelo / aí eles tem isso na cabeça / às vezes não é tão fácil assim do aluno de esquecer / do aluno de perder assim né // esse esse conceito primitivo né / essa sensação que o homem o homem mesmo ele consegue perceber essas duas / ter essas duas percepções de quente e frio sem às vezes precisar de muito conceito né pra / pra diferenciar / eu falo assim pra / utilizar na prática / é o que ajuda mesmo o o mecânico / o técnico no campo para saber se a máquina tá funcionando bem / para saber se se ela tá gelando bem e se ela tá esfriando bem / aí ele consegue perceber “atingiu uma temperatura X / a máquina está muito fria / está muito frio” e lá fora às vezes está muito quente quer dizer que a máquina tá boa porque eu atingi “um frio” entre as aspas aí / igual você falou / coisa quase que tangível né(?) / quase que você percebe / quase que você pega nele / É porque é uma coisa assim que tá / quando / é a máquina tá funcionando é uma coisa que / eu não sei como te explicar / é porque isso aí vem muito da / vem muito da prática / do que a gente aprende / dessa carga que a gente traz do campo / como eu falo(?) / É do nosso / da nossa vida mesmo / nosso dia a dia / você consegue ver uma coisa / Ah o negócio tá frio pra caramba / igual fala assim “Ah está é / está tão frio que às vezes eu posso quase pegar / uma coisa muito densa / o negocio tá muito frio” / É aí que os alunos associam / é uma forma que ele consegue assimilar às vezes o conceito complexo que você tenta passar / é uma coisa que ele consegue associar / e botar para funcionar na prática

Nesse trecho é possível identificar um discurso híbrido. O instrutor, inicialmente, refere-se ao calor e o ao frio como sensações térmicas e como

substâncias diferentes. Ele admite a utilização de calor e frio pelos alunos como substâncias antagônicas. Esse conceito, segundo ele, é advindo do cotidiano e do exercício profissional: desde criança o sujeito aprende no cotidiano o que é calor, em um dia quente, e o que é frio, colocando a mão no gelo. Como essas sensações térmicas são diferentes, calor e frio podem ser associados a substâncias diferentes. O instrutor julga ser difícil fazer o aluno abandonar essa ideia, uma vez que, para aprender isso “ele não precisou de muito conceito”. Além disso, no exercício profissional, essa diferença de sensação térmica entre o quente e o frio ajuda o mecânico a avaliar o funcionamento da máquina, uma vez que a sensação da tubulação externa pode dar ao sujeito uma noção para avaliar a variação da temperatura interna, ocasionando uma diminuição na temperatura do ambiente interno pelo funcionamento da máquina. Ao final dessa explicação, Carlos ainda ressalta que o técnico em refrigeração trata o frio como algo tangível, palpável. Ou seja, o frio é também tratado como uma substância, como algo material.

Assim como mencionou Carlos, o aluno Marcos utiliza a sensação térmica para definir o calor:

Marcos: Bom em si assim a sensação normalmente quem sente isso é o ser humano que pega para identificar com o tato né(?) / nosso corpo é capaz de sentir se a temperatura tá muito fria ou muito quente / é visto que somos criados com a média permissível de calor admissível ao nosso corpo / se o calor chega a ser excessivo ele tende a ser prejudicial a nós até nos queimar ou denegrir nossa / nosso corpo / então calor realmente é uma sensação que nós sentimos

Além de falar que o calor é uma sensação, o aluno afirma que o corpo humano é capaz de perceber uma temperatura quente ou uma temperatura fria. A classificação de uma temperatura como sendo “quente” ou “fria”, ao invés de “alta” ou “baixa”, também caracteriza o uso da zona de calor como sensação térmica.

5.1.2 Os bombeiros militares

Para os instrutores do CFO, na entrevista, perguntamos o que é frio e, em seguida, o que é calor. Silva apresenta a seguinte resposta para “o que é frio?”:

Silva: Quando foi colocado para nós essa questão do frio / O frio é essa sensação que se tem de você estar em um ambiente que traz um certo

desconforto e te dá a impressão de que o ambiente realmente está frio // Te dá tremedeira / te dá a percepção ao tocar / ao sentir no ar que ele está mais gelado / No conceito geral de pessoa / de cidadão comum / é esse / agora tratando do ponto de vista profissional o frio para nós é assim quando o calor está mais baixo // Quando você não tem a percepção de que o calor está com a temperatura mais alta / você não percebe que a temperatura está // deixa eu explicar melhor isso / está ligado à diferença de temperatura mesmo / o que a gente considera normal na temperatura ambiente é o que está aí / no dia a dia / Muito calor né(?) Que o calor está muito intenso // E o que difere disso aí ou é frio ou é quente / para nós o que é o normal é a temperatura ambiente // O que difere disso aí para menos é a sensação de frio e para mais é de muito quente

Podemos perceber que Silva, para definir o que é frio, utiliza como referência a sensação térmica e a temperatura, de acordo com sua atividade prática.

A seguir, ele também responde à questão “o que é calor?”:

Silva: Para não conflitar o que é frio / que para alguns é a ausência de calor / dentro deste aspecto que eu falei de nosso meio ambiente normal que a gente considera que temperatura normal é // você sabe o que é calor quando a temperatura vai além daquilo que nós estamos acostumados e frio está abaixo // E na verdade isso é um conceito popular / e o calor // falando profissionalmente / é um dos elementos essenciais do fogo sem o qual é impossível de acontecer a reação de combustão / para mim é a sensação térmica / além de ser esse conceito do triângulo do fogo / de ser um dos elementos essenciais / é uma denominação que utilizamos para ter uma percepção de alterações de temperatura // as alterações térmicas que os corpos manifestam

É possível perceber nessas respostas do instrutor do CFO alguns modos de falar sobre calor e frio. Primeiramente, destacamos a definição de calor e frio a partir das percepções sensoriais. O instrutor demonstra clareza de que o conceito imediato de calor e de frio, em suas palavras, o conceito popular, está associado à relação que estabelece com a temperatura ambiente. A partir da percepção sensorial, ele estabelece relações com a escala de temperatura, “está ligado à diferença de temperatura mesmo, que a gente considera normal na temperatura ambiente”. Assim sendo, temperaturas elevadas, acima da temperatura do ambiente, é calor; abaixo, é frio. Contudo, para definir calor ele menciona a “percepção de alterações de temperatura” e vai além: “É um dos elementos essenciais do fogo sem o qual é impossível de acontecer a reação de combustão”. Discutiremos esse tratamento dado pelo bombeiro ao calor na seção adiante.

Durante a entrevista, a pesquisadora discute com Silva sobre as diferenças de resultados da análise das respostas dadas pelos alunos às questões, no questionário, sobre calor e frio.

Pesquisadora: Falando um pouco do resultado dessa questão com os alunos / Uma que me chamou a atenção foi o seguinte / Quando se pergunta o que é frio 64 por cento do total / aqui são as duas turmas somadas / o conjunto total de alunos / eles definem frio como uma sensação térmica / Agora para calor só 27,8 por cento que encara calor como uma sensação térmica / O senhor tem alguma hipótese porque que há essa diferença de resultado(?) Enxergar o frio como sensação térmica mas o calor não(?)

Silva: Se for do ponto de vista da matéria / talvez tenham colocado isso por que o calor tenha sido considerado como um elemento do fogo / Elemento essencial que possibilita a combustão dos materiais / Para que não cause um conflito desse entendimento pode ser que eles tenham entendido que o calor aí / para o questionário para essa situação / seria visto como um elemento do fogo / E o frio realmente como uma sensação térmica

Pesquisadora: E não tem nada de errado / foi diferente

Silva: E o frio como sensação térmica / E foi no momento em que eles estavam adquirindo este conceito sobre triângulo do fogo e sobre tetraedro do fogo /

Pesquisadora: Então o calor ele é visto como elemento(?)

Silva: Para o bombeiro ele é o elemento que possibilita a criação do fogo

Ao serem solicitados no questionário a apresentar definições de calor e frio, uma parcela bastante alta dos alunos do CFO categoriza frio como uma sensação térmica e o calor não. Segundo Silva, essa diferença se dá pela definição do calor como um dos elementos essenciais da combustão. Já o frio, que não possui uma definição específica, é considerado como uma sensação térmica.

Já o oficial Oliveira, outro instrutor do CFO, apresenta a seguinte resposta para a questão “o que é frio?”:

Oliveira: Falta de calor? / Não sei / O baixo calor / É // não sei

E para a questão “o que é calor?”:

Oliveira: É // quando a gente emprega o termo / que é quase um // é // a gente não trabalha com esses conceitos // quando a gente emprega o termo calor / a gente usa mais como um produto da combustão / que é a energia liberada pela combustão / A gente trabalha com calor assim

É possível perceber que esse oficial não ataca de frente a definição desses conceitos, pois ele afirma que não é importante trabalhar com o conceito. Acreditamos que, para os bombeiros, por lidar com situações práticas e concretas, não seja a definição do conceito o mais importante, mas sim a sua aplicação prática. Ainda assim, Oliveira apresenta o calor como sendo um produto da combustão, a

energia liberada no processo. Nota-se que essa definição é diferente da oferecida por Silva, que define calor como “Elemento essencial que possibilita a combustão dos materiais”. Para os bombeiros, o calor é considerado algo essencial ao início da combustão e, como é produzido durante o processo, garante sua manutenção.

Realizamos ainda a entrevista com alguns alunos. Ao longo da entrevista, Mônica, aluna do CFO, apresenta a seguinte definição:

Pesquisadora: o que é calor(?)

Mônica: Calor / de acordo com os estudos a gente acaba formando um conceito / é fluxo de energia mesmo de alguma coisa que está com a temperatura mais elevada e outro para a menos / então seria o fluxo de energia de corpos que predominam basicamente diferença de temperatura

Pesquisadora: Essa definição da ciência é igual à que você falou que estudou / é bem por aí / calor enquanto energia // Existe outra definição de calor que você usa quando está trabalhando no bombeiro(?) / que facilita sua operação no trabalho / outra forma de tratar o calor(?)

Mônica: Eu acho / tratando assim na profissão diretamente / porque você lida com esses fenômenos / eu acho que é elevação de temperatura mesmo / é uma coisa acima de uma temperatura suportável para o seu metabolismo / porque qualquer coisa que está acima e já te incomoda / te promove cansaço falta de ar / são as sensações que a gente tem de calor / isso seria calor elevação de temperatura acima do ambiente normal

Primeiramente, Mônica apresenta ideia de calor como “fluxo de energia”, tal qual a definição científica. Ela menciona que calor está associado, em um primeiro momento, à diferença de temperatura entre os corpos. Contudo ao ser questionada sobre o conceito de calor utilizado pela comunidade durante suas atividades, assim como o oficial Silva, ela menciona a ideia de calor como temperatura elevada, algo que promove incômodo e problemas ao organismo. A ideia imediata que ocorre a Mônica, como estudante aplicada, é a definição científica. No entanto, quando a pesquisadora muda o foco, solicitando a aplicação do conceito a uma situação prática comum aos bombeiros, ela apresenta uma outra definição. A segunda definição para calor apresentada por Mônica corresponde à utilização em situação prática desse conceito pelos bombeiros, em situação de incêndio. Ou seja, os bombeiros utilizam a sensação térmica para avaliar o risco da aproximação do sujeito em um local incendiado.

Sobre o processo de resfriamento utilizado durante o combate ao incêndio, Mônica afirma ainda:

Mônica: resfriamento é usado nesses dois casos / para diminuir a temperatura do incêndio e possibilitar o trabalho e / para proteger a guarnição de bombeiros para permitir o acesso ao fogo

Pesquisadora: Então quando você diminui a temperatura do fogo então as vezes vocês não estão preocupados em um primeiro momento em apagar mas em diminuir essa temperatura / quando você diminui quais são os fenômenos(?) quais são os efeitos que você observa(?)

Mônica: Quando diminui a temperatura(?) Bom geralmente a redução das chamas a redução do calor principalmente melhora um pouco a visibilidade porque tem menos chamas libera menos fumaça e sem dúvida menos temperatura

Pesquisadora: E como que você identifica essa redução de calor(?)

Mônica: Você sente né(?) se for no caso físico mesmo você vai sentir seu corpo menos quente agora se for no ambiente você vai ver redução de calor e como eu te falei vai liberar menos vapores menos fogo menos chama

Pesquisadora: Então quando você fala a gente sente você utiliza essa ideia da sensação térmica(?)

Mônica: Da sensação térmica apesar que a gente está repleto de equipamentos / de qualquer forma no incêndio para gente está totalmente equipado e precisar desse mecanismo a temperatura é muito alta então quando resfria você sente a diferença de uma coisa que estava muito mais quente para uma que esta menos quente é perceptível fisicamente

Mônica afirma que é possível identificar a “redução do calor” no ambiente. Esse tratamento remete a um tratamento substancialista para o calor, tratando-o como algo contido no ambiente. Além da zona substancialista, Mônica novamente relata que o bombeiro utiliza a sensação térmica para avaliar o quão elevada está a temperatura de um ambiente e explica como se utiliza a percepção sensorial para estimar a “quentura” quando do combate ao incêndio.

Em um momento posterior da entrevista, ao discutir sobre a relação entre calor e temperatura, Mônica afirma:

Mônica: Calor pra mim é esse fluxo de energia de um corpo mais aquecido pra um menos aquecido / e a temperatura é o gradiente que mede esse calor se ele está acima de padrões normais ou abaixo

Apesar de considerar profissionalmente calor como “quente”, ela tem consciência de que usa temperatura como uma medida de calor. Contudo, ao considerar se está “acima de padrões normais ou abaixo”, utiliza a temperatura ambiente como referência para a escala de temperatura, associando calor à sensação térmica proporcionada pelo ambiente.

Ao ser questionada sobre o que é frio, Mônica continua a defini-lo a partir da sensação térmica:

Mônica: E como eu te falei e mais essa questão do ambiente aquela zona de conforto calor demais causa desconforto / mas frio demais também os músculos ficam contraídos você já fica arrepiado então você já fica naquela situação também / mas assim o contrário o calor promove aquele cansaço o frio te promove encolhimento você já fica mais restrito quer é movimentar menos guardar mais energia acho que é isso

Além de mencionar as sensações térmicas, ela menciona os efeitos fisiológicos provocados pelo frio e pelo calor no corpo humano. Já o aluno Edson, ao ser perguntado pela pesquisadora sobre o que é frio, apresenta a seguinte resposta:

Edson: Frio é uma diferença térmica uma diferença de temperatura onde se perde calor para o ambiente alguma coisa nesse sentido quando a pessoa está perdendo né(?) / quando o objeto está perdendo calor para o ambiente aí tem a sensação o frio na verdade é uma sensação térmica

Edson utiliza o conceito de calor como energia considerando o fluxo de calor que ocorre de um corpo de maior temperatura para um de menor e finaliza sua explicação afirmando que o frio é uma sensação térmica. Essa resposta constitui um discurso híbrido em que são utilizados conceitos de calor como energia e como sensação térmica.

Durante a entrevista com o oficial Silva, também foi solicitado a ele que falasse sobre a utilização pelo bombeiro do calor como elemento da combustão e como sensação térmica, e da importância desses usos na atuação prática dessa comunidade:

Silva: O calor para mim é representativo / apesar de saber que ele se manifesta que você sente / e se sente ele está ali e se ele existe tem que ser matéria / E o calor como elemento ele é representativo

Pesquisadora: Certo / Existe alguma outra definição de calor apesar deste modelo(?) Porque essa é uma definição bem interessante / o calor como elemento

Silva: Olha / Se ele é usado como elemento na formação do triângulo da combustão / Mas também isso a senhora pode recordar por causa da experiência que teve / ele também é visto como algo que existe no espaço que você tem a percepção dele em um ambiente que te possibilita / que vai influenciar as decisões quando do atendimento de uma ocorrência / Ou entrar no local incendiado se vai ser possível ou não porque o calor está muito intenso / Não é possível aproximar com a roupa comum / E quando você está com o equipamento de proteção individual te possibilita uma aproximação melhor / Mas às vezes nem com o EPI você vai conseguir / por que a sensação do calor tá muito intensa e vai trazer danos ao corpo / à saúde / ao material que está sendo utilizado / então o calor também é visto como sensação térmica / ele também é visto como sensação térmica

Nesse trecho da entrevista, Silva define calor tanto como um elemento, uma substância presente na combustão, como uma sensação térmica. Em seguida, ele fala da importância dessa utilização, em especial da sensação térmica, para a comunidade, quando do combate ao incêndio. É preciso que o bombeiro esteja atento à sensação proporcionada pelo calor ao se aproximar de um local incendiado, para que ele possa preservar sua integridade física.

A sensação térmica também é utilizada para avaliar o procedimento a ser executado para o combate ao incêndio:

Silva: Vejamos um outro exemplo da sensação térmica / Um ambiente confinado sujeito a *Backdraft* / sujeito a uma situação de risco de explosão do ambiente / Como verificar / paredes e janelas muito aquecidas quando o ambiente está //

Pesquisadora: Você chega a sentir o calor(?) chega a tocar mesmo(?)

Silva: Isso / chegar a tocar / além de que falou bem as três maneiras de propagação do calor condução, convecção e radiação / o calor irradiado às vezes não possibilita essa aproximação / essa forma de manifestação do calor que é pela irradiação também é um referencial que o bombeiro utiliza para efetuar o combate / o trabalho no ambiente com incêndio / Então assim, usa de outras maneiras

Nesse discurso, Silva mostra a importância da sensação térmica para o bombeiro avaliar o risco de um *Backdraft* em um local de incêndio confinado. Nesse trecho, o conceito de calor aparece associado à sensação térmica de forma híbrida com o conceito científico, ao considerar as formas de propagação do calor, tal como é proposto pela ciência. A irradiação do calor produzido durante a combustão é avaliado pelo bombeiro por meio da sensação térmica.

É possível perceber que, para os bombeiros militares, a utilização da zona do perfil conceitual de calor como sensação térmica está além da percepção imediata e cotidiana de quente e frio e isso se dá de forma consciente, possuindo um valor pragmático para essa comunidade, fazendo disso algo útil ao exercício profissional.

5.1.3 A utilização da zona do perfil conceitual de calor e frio como sensação térmica nas comunidades

No quadro a seguir, apresentamos uma síntese de alguns aspectos discutidos para a utilização dessa zona do perfil conceitual.

Quadro 15 – Síntese da utilização do calor como sensação térmica pelas comunidades

	Técnicos em refrigeração	Bombeiros militares
Contexto(s) de uso	1. Avaliar o conforto térmico de um ambiente. 2. Verificar o funcionamento da máquina térmica.	1. Avaliar possibilidade de aproximação da tropa de um local incendiado. 2. Avaliar a possibilidade de ocorrência de <i>Backdraft</i> ou <i>Flashover</i> .
Justificativa(s)	Transformar o calor e o frio em algo perceptível sensorialmente e visualmente, para que possa ser manipulado.	1. Preservar a integridade física. 2. Transformar o calor em algo perceptível sensorialmente e visualmente, para que possa ser manipulado.
Modos de falar	Quente e frio; aquela sensação; quando você toca; conforto térmico.	Quente e frio; aquela sensação; quando você toca; aquele calor irradiado.

Fonte: Elaborado pela autora

Tanto para a comunidade de técnicos em refrigeração como para a de bombeiros militares, é importante a utilização do conceito de calor como sensação térmica, conforme indicado pelos instrutores e alunos dos cursos de formação. Contudo, as razões da utilização da sensação térmica para avaliar a quantidade de calor (ou de frio) são distintas para cada uma dessas comunidades. A ideia de utilizar a percepção do tato para estimar a quantidade de calor vai além da noção cotidiana de quente e frio e mostra um grau de consciência nesse uso.

Para os técnicos em refrigeração, a utilização do calor como sensação térmica se deve ao fato de trabalharem, além de temperaturas definidas para algumas situações, com o conforto térmico de determinados ambiente. Assim sendo, é importante a percepção sensorial do ambiente. A sensação térmica também é utilizada por esses profissionais para estimar o funcionamento do equipamento de refrigeração. À medida que ocorre o funcionamento da unidade selada de uma câmara frigorífica ou um ar condicionado, realizando a diminuição da temperatura interna de um ambiente, a temperatura da tubulação do evaporador aumenta. Essa variação de temperatura é avaliada pelo técnico para verificar a eficácia do processo

de refrigeração de maneira sensorial em um primeiro momento e, posteriormente, por meio da medida da temperatura da tubulação.

Já para os bombeiros militares, a utilização do calor como sensação térmica é importante tanto para avaliar o risco de aproximação do sujeito de um local incendiado, como para avaliar o risco da ocorrência de um *Backdraft*. Diferentemente dos técnicos em refrigeração, os bombeiros não medem a temperatura dos ambientes em que trabalham e não precisam atingir uma temperatura pré-determinada no local.

Nesta seção, procuramos analisar a utilização da zona perfil conceitual de calor correspondente à sensação térmica. Foi possível observar que vários dos sujeitos dessas comunidades conhecem a diferença entre os conceitos de calor e sensação térmica e possuem consciência de que existe distinção entre eles. Ainda assim, utilizam esses conceitos e fazem disso algo útil ao exercício profissional.

É importante ressaltar que, mesmo conhecendo e estudando o calor como sendo proporcional à diferença de temperatura entre dois corpos (a zona do conceito de calor como energia), a zona sensação térmica tem um uso muito importante para essas comunidades. Contudo, as relações entre calor e sensação térmica encontradas nas ideias desses indivíduos vão além da influência cotidiana e cultural da maneira como lidamos com o calor e se estende a uma utilização profissional.

5.2 Calor como temperatura alta e frio como baixa

Embora os conceitos de calor e temperatura sejam distintos para a ciência, na experiência dessas comunidades, esses conceitos acabam, em alguns momentos, sendo usados com significados semelhantes. A utilização do termômetro e a ideia de condutividade térmica trazem consigo a contradição entre as medidas realizadas e as sensações térmicas observadas em objetos feitos de diferentes materiais. Embora um bloco de metal e um de madeira, quando deixados num mesmo ambiente, ao serem tocados, apresentem sensações térmicas diferentes, eles terão a mesma temperatura. Esse fato contraria o senso comum.

Além da maneira como lidamos cotidianamente com o calor, ou seja, considerando que faz calor quando a temperatura do ambiente está alta e frio quando a temperatura do ambiente está baixa, os profissionais investigados neste

trabalho utilizam a noção de calor como altas temperaturas e de frio como baixas temperaturas para avaliar diversas situações durante sua prática profissional.

Quando perguntamos no questionário e nas entrevistas sobre o que é calor, obtivemos resultados bastante significativos, tanto para a comunidade de bombeiros militares como para os técnicos de refrigeração. Todos os instrutores, do CFO e TCR, responderam no questionário que calor é uma forma de energia, seja ela energia interna, térmica ou em trânsito. Já os estudantes investigados, além de conceitos relacionados ao calor como sendo energia, apresentaram conceitos de calor e frio associados diretamente à temperatura.

No questionário, para ambas as comunidades, houve categorias de respostas diretamente associadas a (i) calor como temperatura alta (quente) e (ii) frio como temperatura baixa. Isso aconteceu para cada uma das questões propostas que investigavam esses conceitos. Outras categorias de resposta que associaram calor à temperatura foram propostas, tais como: calor como transferência ou troca de temperatura entre os corpos (TCR) e energia responsável pelo aumento da temperatura (CFO). Para os indivíduos do TCR, nessa categoria, fica evidente que calor e temperatura são utilizados como sinônimos. Para os indivíduos do CFO, são utilizados como resultado da relação direta “quanto mais calor, maior a temperatura”.

5.2.1 Os Técnicos em refrigeração

Para os técnicos em refrigeração, é comum a utilização de calor com ideia similar à de temperatura, como sinônimos, como já apresentado por meio dos dados dos questionários ou das aulas dos instrutores.

Carlos, instrutor da refrigeração, apresenta a seguinte consideração sobre a relação entre calor e temperatura no âmbito profissional:

Carlos: Você fala na prática(?) É que as duas [calor e temperatura] estão ligadas / Na prática acaba que a gente não percebe e às vezes fala que o equipamento tá dimensionado para tantas quilocalorias / tantos BTUs / A gente sabe na parte teórica que calor é uma energia / mas que ele causa a variação de temperatura e se você não souber fazer às vezes o dimensionamento correto dessa quantidade de calor que vai trocar o equipamento / não vai chegar a sala / o equipamento não vai chegar na temperatura que você quer / Por isso que eu falo / o pessoal associa muito temperatura com calor / que o meu entender eu sei que são duas coisas distintas / Mas o meu aluno ele vai sair / Eu acho importante para ele é fazer a associação de variação de temperatura mesmo

Foi possível observar na fala desse instrutor que ele julga necessária a utilização, pelo profissional da refrigeração, do conceito de calor como sendo igual ao conceito de temperatura. Embora o instrutor Carlos afirme que calor é energia e que há distinção entre calor e temperatura, na prática ele considera, principalmente para o aluno, que não há distinção entre esses conceitos. A variação da quantidade de calor pode ser estimada pela variação da temperatura. É importante, como assinala Carlos, que esse aluno associe calor diretamente à temperatura, por esta ser algo observável. Assim, o aluno vai conseguir planejar melhor o dimensionamento de um equipamento de refrigeração, pensando em qual deve ser a temperatura inicial e a temperatura final a serem atingidas e quantas quilocalorias, quantos BTU's, o equipamento será capaz de “retirar” do ambiente.

Os termos “trocar calor” ou “trocar temperatura” são bastante utilizados por essa comunidade como sendo algo essencial para se alterar a temperatura de um ambiente que está sendo climatizado. Para eles, o motor do equipamento de refrigeração é o responsável por fazer com que o calor do ambiente condicionado seja “trocado” com o calor do ambiente externo e, dessa forma, haja a alteração das temperaturas interna e externa. Como a temperatura é a variável que será medida nesses processos, o termo “troca de temperatura” é utilizado para designar a “troca de calor”. Esse modo de falar foi anteriormente apresentado no capítulo 4, a partir do trecho transcrito da aula do instrutor Carlos. Durante essa aula, a explicação de “fluxo de calor” e de “equilíbrio térmico” é permeada por modos de falar que empregam o conceito de calor como sendo uma substância e a própria temperatura. Durante a entrevista, foi solicitado a Carlos definir “troca de temperatura”:

Pesquisadora: E troca de temperatura(?)

Carlos: Troca é / troca de temperatura é / seria no caso uma temperatura quente se tornando uma temperatura fria / só

Pesquisadora: Então troca de calor e troca de temperatura aqui é a mesma coisa(?)

Carlos: Sim na prática acaba que o aluno vai entender isso

É possível perceber que o instrutor Carlos utiliza os conceitos de calor e temperatura como similares. Nesse trecho, ele ainda utiliza as ideias de temperaturas quente e fria de forma híbrida com a sensação térmica.

O instrutor André, por outro lado, ao ser perguntado na entrevista sobre a diferença entre troca de calor e troca de temperatura, responde:

Pesquisadora: Outro termo que eu ouvi muito aqui foi troca de calor / Que que significa troca de calor(?) Para a refrigeração(?)

André: Troca de calor / ou seja / é // a gente trabalha muito com retirada de calor, então a gente sabe que um corpo é / com maior temperatura ele sempre cede para o corpo de menor temperatura então nesse caso é / é mais nessa questão da retirada do calor

Pesquisadora: Além do “troca de calor” aparece o termo “troca de temperatura” / Que que seria troca de temperatura(?)

André: Troca de temperatura // olha essa troca de temperatura no meu entendimento seria você ter uma determinada temperatura e ter que atingir uma temperatura menor ou maior.

Pesquisadora: Então / aqui na área troca de calor e troca de temperatura é igual ou não(?)

André: Olha nesse caso sim

Esse exemplo demonstra, mais uma vez, que para essa comunidade calor e temperatura algumas vezes são considerados como sinônimos em sua utilização prática. O modo de falar “troca de calor” ou “troca de temperatura” é bastante importante para esses profissionais, uma vez que lidam com a concepção de tornar a temperatura de um determinado ambiente menor que a temperatura externa. Para que ocorra a redução da temperatura interna, a externa terá que aumentar. Daí a ideia de transferência de calor ser tratada por esses profissionais como troca de temperatura.

Mas em outra questão, André aparenta ter consciência de que calor não é, necessariamente, associado às altas temperaturas, ao dizer que o calor também está relacionado ao frio. Ele ainda complementa:

André: É que uma coisa vai tá associada à outra / se eu tenho ganho de calor ou perda de calor eu tenho variação de temperatura / por isso eu falo temperatura ficou quente / temperatura ficou fria / Aí / eu vou / ele [o aluno] vai entender / que as duas coisas que o calor que uma vai tá associada à outra / se eu tiver uma eu não tenho a outra / se eu não tiver outra / por exemplo se eu não tiver diferentes temperaturas eu não vou ter / calor ou transferência de calor e se eu não tiver transferência de calor eu não tenho temperatura

Nessa fala, é possível perceber que esse instrutor também utiliza a ideia de temperatura quente e temperatura fria associada a temperaturas superiores e inferiores em relação à temperatura ambiente. O instrutor aborda ainda a necessidade de haver diferença de temperatura entre os corpos para que ocorra

troca de calor, pois se não houver diferença de temperatura não há fluxo de calor, o que está de acordo com a ideia científica. Esse instrutor, embora presente no questionário o frio como a ausência de calor e a temperatura como uma medida, não mantém essa definição durante a aula ou ao responder as questões da entrevista. O seu discurso científico é constantemente permeado por conceitos cotidianos e por conceitos vinculados às conceituações práticas e ele parece não ter consciência plena disso.

Em uma aula que se discute sobre o cálculo de carga térmica, André também utiliza temperatura como sinônimo para o calor.

André: O ambiente a ser condicionado ele está com uma temperatura maior que a temperatura do fluido refrigerante / então ou seja ele tende a levar essa temperatura para o fluido refrigerante / através de quem(?) Através do evaporador / da hélice daquela turbina que fica lá no evaporador

Ao mencionar que o ambiente, que está em maior temperatura, tende a “levar essa temperatura” para o fluido refrigerante, que está em menor temperatura, o instrutor está tratando a temperatura como se fosse o próprio calor, de forma substancialista. É importante observar que ele mantém a ideia de sentido único para o fluxo de calor.

Ao ser questionado sobre as categorias criadas para a análise da questão “o que é calor?”, proposta aos alunos no questionário, André admite que os técnicos em refrigeração utilizam os conceitos de calor e temperatura como sendo idênticos:

Pesquisadora: E para você qualquer uma dessas respostas é / está igualmente correta(?) Tratar calor como temperatura / calor como energia / ou calor como carga térmica(?)

André: Olha só calor como temperatura que às vezes dá / dá / dá uma certa / um certo ponto de interrogação justamente porque / é / a quantidade de calor nem sempre altera a temperatura

Pesquisadora: Ah sim.

André: Entendeu(?)

Pesquisadora: Entendi / agora na prática me deu essa sensação de que o sujeito / o técnico / ele trata calor e temperatura como sendo igual / Você acha que em termos práticos isso funciona bem(?) Tratar calor como temperatura(?)

André: Funciona // Porque se a gente for / for trazer a coisa técnica / o embasamento técnico pra ele / ele às vezes nem estudo ele vai ter pra isso / então se ele entendeu dessa maneira e tá funcionando dessa maneira que ele continue assim

Para esse instrutor, devido muitas vezes à falta de embasamento teórico, a distinção entre calor e temperatura é complexa e até desnecessária para o exercício

da profissão. Em alguns momentos de sua fala, por exemplo ao explicar que “a quantidade de calor nem sempre altera a temperatura”, referindo-se às distinções de calor latente e calor sensível, ou ao afirmar que “calor é quente”, não fica claro se ele próprio distingue esses dois conceitos, embora afirme que são conceitos distintos e que o frio não existe. A utilização do conceito de calor como equivalente à temperatura possui um valor pragmático.

Foi possível perceber que os instrutores André e Carlos admitem que troca de calor e troca de temperatura na área de refrigeração são conceitos equivalentes. Além disso, em suas falas, apresentaram a ideia de temperaturas quentes e frias para designar valores alto e baixo de temperatura.

Já Bruno, outro instrutor da refrigeração, afirma o seguinte em diferentes momentos da entrevista:

Bruno: É comum tratar calor como sendo igual ou proporcional à temperatura / Agora há essa confusão realmente de entender temperatura / que temperatura é mesma coisa que calor

Para Bruno, diferentemente de Carlos e André, a utilização de calor como sendo a própria temperatura pelos alunos é comum, mas ele percebe isso como uma confusão, como uma interpretação equivocada do conceito. No entanto, ele mesmo faz isso de maneira involuntária e automática, ao afirmar que calor pode ser “igual ou proporcional à temperatura”.

Mais adiante na entrevista, Bruno é convidado a definir “troca de calor” e “troca de temperatura”:

Pesquisadora: Um termo que eu ouvi muito por aí é troca de calor / o que que seria esse termo troca de calor(?)

Bruno: Troca de calor é exatamente quando se tem né(?) ambientes ou equipamentos com esse diferencial de temperatura / é um trocando calor com o outro

Pesquisadora: Ok / e troca de temperatura(?)

Bruno: Aí é que onde que entra a jogada / é a energia térmica né(?) que é a troca de calor que onde que envolve a temperatura dando como / deixa eu ver como exemplo para você / você está com fluido refrigerante por exemplo a X pressão / evaporando a X né(?)

Pesquisadora: Certo

Bruno: Então é isso / nesse momento ele está retirando calor de uma substância para que haja uma mudança de estado e haja mudança de temperatura / então ele está tirando calor para que haja mudança na temperatura / Então essas duas palavras é quando que surge essa confusão danada

Durante essas definições, Bruno continua afirmando que utilizar troca de calor como troca de temperatura é uma confusão dos alunos. O instrutor Daniel também compartilha da opinião de Bruno:

Pesquisadora: Eu ouvi em algumas aulas o termo troca de temperatura
 Daniel: Não / não existe isso não / isso é falha se / você ouviu isso é um erro / troca de calor / não existe troca de temperatura / temperatura é pessoal / ela não existe / é interna / como é que vou fazer uma troca / trocar temperatura com você é impossível

Para os instrutores entrevistados, temos André e Carlos que admitem o uso de troca de calor e troca de temperatura como sendo conceitos equivalentes, e Daniel e Bruno que acreditam que esse uso é uma confusão dos alunos. Carlos, por sua vez, destaca em sua fala que utilizar calor como sendo equivalente à temperatura é útil e necessário para os técnicos em refrigeração, como apresentado anteriormente.

Assim, podemos perceber que dentro da própria comunidade há divergências quanto à apropriação e tomada de consciência dessa conceituação. Enquanto para Carlos e André há plena consciência dessa identificação de calor com temperatura, para Bruno e Daniel não há, embora isso não impeça que eles usem os dois conceitos como idênticos nos seus discursos, durante a entrevista. Nas comunidades de prática, há maior flexibilidade e diversidade de significados para os conceitos, uma vez que são extraídos dos usos e contextos de aplicação.

Os alunos Marcos e Lucas também explicitaram essa identificação dos conceitos de calor e temperatura nas entrevistas:

Marcos: Isso dentro do processo calor e temperatura é a mesma coisa
 Lucas: Na prática a gente não vê muita diferença em relação a isso / o que que é calor e o que que é temperatura

Esses dois alunos, que atuam como técnicos de refrigeração, admitem em suas entrevistas que calor e temperatura na prática são a mesma coisa. Quanto aos termos “troca de calor” e “troca de temperatura”, um deles apresenta a seguinte fala:

Marcos: Se eu vou condicionar o ar de um ambiente qualquer ou o material já que o meio / tipo assim é porque existe uma troca de temperatura normalmente do mais quente para o mais frio ou vice-versa

Para esses alunos, o conceito de “troca de calor” é equivalente ao de “troca de temperatura”, e quente e frio são equivalentes a maiores e menores temperaturas. Quando Marcos diz “troca de temperatura normalmente do mais quente para o mais frio ou vice-versa”, temos uma evidência de que ele pode não manter a ideia de sentido único para o fluxo de calor.

Observamos ainda que outros dois alunos entrevistados, que não atuam profissionalmente como técnicos em refrigeração e fazem o curso em busca de uma nova profissão, apresentaram respostas bastante confusas para questões sobre distinção entre calor e temperatura:

Rodrigo: Se eu vejo alguma diferença entre calor e temperatura(?) Bom vou te explicar / A diferença que vejo é o seguinte / que no calor eu vou perder a caloria / no caso da temperatura eu vou ter que ganhar / Essa é a diferença que eu acho entre calor e temperatura

Alan: Troca de temperatura é o seguinte / se um ambiente tá condicionado a uma certa temperatura / aí tá com uma certa temperatura se não abrir se não se eu tiver outra / outra é / entrada de energia outra entrada de temperatura uma vazão de temperatura / se tiver vazão vai ter entrada entendeu(?) Então isso aí é uma troca de temperatura

Para uma parte dos alunos, principalmente os que não atuam como técnicos de refrigeração, essa identificação de calor e temperatura não é consciente e isso provoca certa confusão na forma como eles se expressam. Essa confusão também pode ser observada em outros momentos da entrevista:

Alan: Eu entendi pelo curso aqui / é que sempre o calor perde temperatura para o frio / o curso aqui me ensinou isso / O calor perde temperatura para o frio // O frio absorve a temperatura / absorve o calor e com isso o que era frio / o que era quente passa a ser frio

Pesquisadora: A ideia da troca mesmo

Alan: É da troca mesmo // é / é a tendência do calor e o frio é anular / é ficar na mesma temperatura / então consequentemente quanto mais / é / você colocar você deixar o refrigerante lá a tendência vai ser vai igualar à temperatura do refrigerador

No primeiro trecho, Alan trata o princípio do equilíbrio térmico como temperaturas de naturezas opostas, quente e fria, que se anulam. A ideia de fluxo de calor é tratada como “o calor perdendo temperatura para o frio”. Acreditamos que apenas as aulas, que na ocasião da pesquisa ocorriam há aproximadamente 5 meses, não foram suficientes para que os alunos que não atuam como técnico em

refrigeração se apropriassem dos modos de falar específicos dessa linguagem socioculturalmente utilizada nessa comunidade.

Perguntamos aos instrutores do TCR a que eles atribuem a utilização, pelos alunos, do conceito de calor como quente. Os instrutores André e Carlos mencionaram que atribuem à utilização cotidiana desse conceito e à maior facilidade de compreensão da utilização de calor como sendo algo quente:

André: É porque o próprio corpo da gente / quando a gente tá em movimento que a gente percebe que a gente tá quente né(?) / Opa estou com muito calor / A gente não fala estou muito quente / é estou com muito calor né(?) / É uma maneira então da gente poder perceber isso

Carlos: É devido ao conceito cotidiano que a gente tem né(?) o senso comum nosso sempre associando estou calor / eu estou com frio / o pessoal vem da base né(?) Associando sempre fazendo essa associação // minha temperatura está elevada estou com calor / o pessoal vem disso aí da própria cultura

Os instrutores atribuem esse fato ao uso cotidiano do conceito, pois no dia a dia o aluno fala de calor para se referir a temperaturas elevadas. A conceituação do calor como sendo quente deriva tanto do uso cotidiano quanto da própria sensação térmica. Para esses sujeitos, esses fenômenos se manifestam pela elevação ou redução da temperatura. Podemos observar que os instrutores André e Carlos possuem consciência da equivalência, na prática, entre os conceitos de calor e temperatura.

A partir da análise dos dados – aulas, questionários, entrevistas e a visita técnica –, é possível perceber que, para os profissionais que trabalham com refrigeração, o conceito de calor associado a temperaturas elevadas e frio a temperaturas baixas é bastante utilizado. O conceito de calor como sendo idêntico à temperatura também é algumas vezes utilizado.

5.2.2 Os Bombeiros Militares

Durante a aula, Silva explica sobre as fases da evolução de um incêndio, como foi apresentado na seção 4.2, no capítulo anterior.

Silva: [...] a 3ª fase está ali entre 13 e 15 por cento / então ali há ausência ou quase nenhuma chama / e o calor acima de 300 - 400 graus / entre 300 - 400 graus / e a produção de vapores inflamáveis muita fumaça // e é o que eu falei com vocês aos 100 graus já fica difícil / só o pessoal lá do norte que

consegue ficar em uma sauna a mais de 100° // e a 4ª fase que é abaixo de 13% de oxigênio / onde não há chamas / não há // é é // há muita fumaça / a temperatura está a cima de 500 graus // 500 graus ou mais / e há o risco de explosão com a entrada de oxigênio

Durante a explicação, fica evidente a importância da sensação térmica para essa comunidade, que necessita avaliar macroscopicamente quantidade de chamas e fumaça e sensorialmente a evolução de um incêndio, para escolher as medidas mais seguras a serem tomadas no combate. Ao explicar sobre as fases de uma combustão, o instrutor fala sobre o aumento da temperatura do ambiente em detrimento da concentração de oxigênio. Na fala “o calor acima de 300 – 400 graus / entre 300 - 400 graus”, é possível perceber que o calor é utilizado como sinônimo de temperatura. Como previsto por ele em sua entrevista, na atuação profissional, considera-se que “calor é uma temperatura acima da temperatura ambiente”. Na explicação em questão, calor é utilizado com a finalidade de mostrar o aumento da temperatura do ambiente durante um incêndio.

Os bombeiros foram solicitados, na primeira questão da entrevista, a relatarem todos os procedimentos realizados para debelar um incêndio, descrevendo as ações desde a chegada à ocorrência até sua finalização. Segundo o oficial Oliveira, um procedimento importante é a remoção do combustível:

Oliveira: Então / essa remoção do combustível vai variar duas vezes / a que ainda não queimou para não queimar e a que já queimou / porque se eu não remover com o passar do tempo vai aquecendo / aquecendo até entrar em ignição de novo // Aí vai duas linhas simples / ambiente aberto / aplicou água / apagou remove // e o que não queimou ainda você retira para diminuir a carga incêndio // essa fase da reignição é complicada para gente por falta de equipamento // vai entrar no que chamamos de conceito básico / apaga a chama da superfície mas o calor interno do combustível prensado continua / e vai passando pelas fases [fases da combustão] ponto de fulgor / vai aquecendo vai ganhando temperatura / passa o ponto de condução / se tiver uma chama externa ele volta / se não tem não ele continua aquecendo / aquecendo até inflamar novamente // a ideia dessa remoção é evitar que ele volte para essa fase de condução / desculpe fulgor condução e ignição // o que a gente chama de ponto de fulgor é a temperatura mínima que o combustível ele libera gás em condição de ser inflamado

É possível perceber, nesse contexto e em outros, que o calor, para além de produto da combustão, é considerado como algo essencial para que esta ocorra. Assim sendo, além de retirar o combustível que ainda não queimou para diminuir a “carga incêndio” (tudo aquilo que está presente em um ambiente e pode servir de combustível), pode ser retirado também aquele combustível que queimou

parcialmente, que, segundo Oliveira, durante o combate ao incêndio, pode-se apagar “a chama da superfície, mas o calor interno do combustível prensado continua”. Nessa fala, Oliveira trata o calor de modo substancialista. Em seguida, continua a explicar que o combustível vai passar pelas fases da combustão, “aquecendo” e “ganhando temperatura”. Nesse contexto, calor é utilizado como sinônimo para temperatura. É possível perceber novamente o hibridismo na utilização do conceito de calor, tratado como substância e como temperatura, além de conceitos relacionados à ciência quando ele explica as formas de condução de calor e o ponto de fulgor.

Também foi possível observar a utilização de calor como sendo equivalente à temperatura na entrevista do aluno Eduardo. Ao ser questionado sobre a diferença de funcionamento entre o Equipamento de Proteção Individual (EPI) e uma blusa de lã, ele diz o seguinte:

Eduardo: O EPI já é o contrário né(?) / ele impede um pouco a entrada do // da sensação térmica de quente / como é que eu posso dizer // como meio está quente e o corpo em sua temperatura normal / ele evita que esse / essa alta temperatura do meio passe para o corpo / então ele isola de fora para dentro / digamos assim

Durante o combate a incêndio, a guarnição de bombeiro é instruída a se proteger não apenas no fogo, mas do calor e de seus efeitos. O efeito sensorial mais imediato é, realmente, a sensação de quente. Como o EPI é utilizado para possibilitar ao combatente a aproximação do local incendiado, a percepção imediata é de que impede a entrada do calor e, conseqüentemente, da sensação térmica de quente. Podemos observar, mais uma vez, a utilização da temperatura como sinônimo de calor, ao afirmar que o EPI impede a que “essa temperatura alta passe para o corpo” e de calor como sensação térmica, de forma híbrida.

5.2.3 A utilização da zona do perfil conceitual de calor como temperatura ou temperatura alta nas comunidades

No quadro a seguir, apresentamos uma síntese da utilização do conceito de calor como temperatura ou temperatura alta nas comunidades investigadas:

Quadro 16 – Síntese da utilização do calor como temperatura ou temperatura alta pelas comunidades

	Técnicos em refrigeração	Bombeiros militares
Contexto(s) de uso	Medir a temperatura para estimar a quantidade de calor.	Observar as chamas e a fumaça para estimar a temperatura do local. A cor da chama indica temperaturas altas ou baixas no local incendiado.
Justificativa(s)	“Trocar temperatura” do meio interno como o externo.	Estimar o aumento da temperatura em um local incendiado.
Modos de falar	Troca de temperatura; Transferência de temperatura; Impedir entrada ou saída de temperatura; Calor acima de X °C; Ganhar ou perder temperatura.	Impedir entrada de temperatura; Calor acima de X °C; Ganhar ou perder temperatura.

Fonte: Elaborado pela autora

Tanto para a comunidade de técnicos em refrigeração como para a de bombeiros militares, é importante a utilização do conceito de calor como idêntico ao conceito de temperatura, como admitido pelos instrutores dos cursos de formação. Contudo, analisando a linguagem socioculturalmente situada, as razões dessa utilização são distintas para cada uma dessas comunidades.

Para os técnicos em refrigeração, a utilização do calor como temperatura se deve ao fato de trabalharem com a “troca de calor” de um ambiente interno para o externo, quando da climatização ou refrigeração desse ambiente. Assim sendo, necessitam “trocar a temperatura” entre esses ambientes. A importância da utilização dessa zona do perfil (de calor e frio como sendo temperaturas alta e baixa) se deve ao fato de as temperaturas inicial e final do ambiente ou do equipamento de refrigeração poderem, diferentemente do calor, serem observadas de forma empírica e tomadas como evidência para o êxito do processo de refrigeração. Para esse técnico, o que importa em sua atuação profissional é atingir as temperaturas adequadas e não articular essas evidências num discurso teórico consistente com o da ciência.

Já para os bombeiros militares, a utilização do calor como temperatura se deve ao fato de necessitarem avaliar de maneira empírica, geralmente sensorialmente, o aumento da temperatura em um local de incêndio. O calor liberado na combustão faz com que a temperatura do ambiente aumente. Esse aumento da temperatura em relação à temperatura ambiente provoca danos ao

organismo humano e torna o incêndio incontrolável, daí a necessidade de “combater o calor” e controlar o aumento da temperatura.

Outra diferença quanto ao uso do conceito de calor associado a altas temperaturas está no fato de que, para o bombeiro, o conceito aparece mais em construções híbridas com a sensação térmica do que para os técnicos em refrigeração. Mesmo que os bombeiros militares tenham, de forma geral, maior escolarização que os técnicos em refrigeração, a avaliação do aumento ou diminuição da quantidade de calor pelos indivíduos do TCR é feita por meio da medição da temperatura. Já para os bombeiros, a medida de calor é feita pela avaliação macroscópica das fases da evolução de um incêndio e pela sensação térmica, sem que sejam feitas medições de temperatura.

Nesta seção, procuramos analisar a utilização da zona perfil conceitual de calor correspondente ao calor como temperatura ou temperatura elevada. Essa categoria amplia a proposta dos autores na medida em que a temperatura, em quanto medida empírica, é tomada como idêntica ao calor. Isso é feito de forma, muitas vezes, consciente.

Foi possível observar que vários dos sujeitos dessas comunidades conhecem a diferença entre os conceitos de calor e temperatura e possuem consciência de que existe distinção entre eles. Ainda assim, utilizam esses conceitos como sendo iguais, por diferentes razões, e fazem disso algo útil ao exercício profissional.

É importante ressaltar que, mesmo conhecendo e estudando o calor como sendo proporcional à diferença de temperatura entre dois corpos, a utilização do conceito de calor como temperatura ou temperatura elevada tem um uso muito importante para essas comunidades. Contudo, as relações entre calor e temperatura encontradas nas ideias desses indivíduos vão além da influência cotidiana e cultural da maneira como lidamos com o calor, estendendo-se a uma utilização profissional.

5.3 Calor e frio como substâncias

Os processos de transferência de “calor” ou de “frio” para essas comunidades também parecem estar relacionados à ideia de calor como uma substância com capacidade de penetrar a matéria ou de ser retirada de um ambiente e transferida

para outro. Interpretar o calor como algo material, com características de um fluido, de uma substância, para as comunidades de bombeiros militares e técnicos de refrigeração significa mais que uma forma de compreensão. É uma forma de operacionalização desse conceito, para transformar o calor em algo perceptível sensorialmente e visualmente, para que possa ser manipulado.

A questão “O que é calor?” produz diversas categorias de respostas diretamente relacionadas ao calor como energia, sensação térmica ou temperatura elevada. Contudo, a definição de calor como sendo uma substância não é apresentada de forma direta por membros dessas comunidades. Pode ser percebida, em diversos momentos, nos dados coletados. Tanto no discurso da aula ou da entrevista como nas categorias propostas para a análise da questão “Como você explica a utilização de uma blusa de lã para diminuir a sensação de frio?”, podemos observar o tratamento do calor como sendo uma substância. Ao responderem a essa questão, foram utilizadas, por alguns alunos dos cursos, categorias como “Armazena o calor” e “Rejeita o frio ou não permite sua passagem do ambiente para o corpo”. Essas categorias, mesmo que de forma inconsciente, tratam o calor e o frio como substância.

Tratamentos como “carga térmica”, para os alunos do TCR, ou “elemento presente na combustão”, para os do CFO, definem o calor como algo que pode ser transferido de um lugar para outro ou representa o calor como algo essencial para o início da combustão. Essas formas específicas de tratamento do calor também exemplificam um uso substancialista desse conceito.

Nesta seção, propomos uma análise em maior profundidade nos dados coletado sobre (i) os modos de falar que caracterizam o tratamento do calor e do frio como uma forma de substância; (ii) as tomadas de consciência desses usos; (iii) presença ou não de princípio dicotômico entre calor e frio ou, ao contrário, se prevalece noção de intensidade.

5.3.1 Os técnicos em refrigeração

Por diversas vezes, foi possível observar no discurso dos alunos do TCR expressões que denotam a ideia do calor (ou do frio) como uma substância, um

fluido que pode penetrar o isolamento das paredes ou mesmo do piso de um local “condicionado”.

Expressões como “o frio tende a descer”, “o calor tende a subir” (instrutores André e Carlos) ou a “tendência do frio é cair” (técnico Paulo) foram observadas nos dados obtidos nessa comunidade.

Durante a visita técnica, Paulo explica como é montado o isolamento interno das paredes e do piso da câmara frigorífica:

Paulo: Aqui no piso vai três [placas de isopor] / põe uma bem pertinho da outra assim para não ter greta / e a segunda camada vai assim
 Pesquisadora: E por que que tem que tampar essa greta dessa forma(?)
 Paulo: Por que senão o frio ele passa / ele continua passando / se não fizer como esse quebra cabeça aqui ele continua passando
 [...]
 Paulo: O frio ele desce aqui / mas ele não passa para cá e daqui também ele não tem como passar / a gente coloca interrompendo mesmo / esse é o processo que o piso já está montado ali
 Pesquisadora: E as paredes(?)
 Paulo: A placa do isolamento da parede é feita como macho e fêmea / tem encaixe perfeito / aí não passa frio de jeito nenhum

Paulo explica que, durante a montagem do isolamento do piso da câmara frigorífica, é necessário intercalar três placas retangulares de isopor de forma que a primeira é colocada na horizontal, a segunda na vertical e a terceira na horizontal novamente. Dessa forma, não sobrarão gretas por onde o frio possa “passar e sair” da câmara frigorífica. Fica claro nesse tratamento que o frio é tratado como um fluido, capaz de realizar um escoamento de dentro da câmara para fora, quando há existência de gretas. Nesse contexto, Paulo trata o frio como o ar frio e utiliza, ainda que implicitamente, a noção de correntes de convecção das massas de ar. Dessa forma, torna-se eficaz o tratamento do frio como sendo o próprio ar frio.

Durante uma das conversas no campo, Paulo menciona que, quando se deseja lavar o piso de uma câmara frigorífica, não basta desligá-la. É necessário aguardar pelo menos um dia para iniciar o processo de limpeza, senão a água que é utilizada na lavagem congela quando em contato com o piso. Isso se deve ao fato de que, mesmo tendo o cuidado de tampar as gretas quando se faz o isolamento térmico, um pouco de frio, que consegue “passar” pelas gretas, fica ali armazenado. É necessário aguardar que o frio se dissipe do solo para efetuar essa lavagem. Nesse momento, Paulo abre a porta e nos mostra que o frio “sai” pela abertura e se

dissipa no ar. Já no solo, o frio não se dissipa com a mesma facilidade que no ar, o que ocasiona, em um longo prazo, o congelamento do chão. Como o chão vai estar congelado, ele congela a água jogada sobre o piso de uma câmara frigorífica³². O frio, dessa forma, ganha materialidade e capacidade de ser armazenado, ainda que fora da câmara frigorífica.

Durante a aula sobre cálculo da carga térmica em um ambiente para a instalação de um equipamento de ar condicionado, o instrutor André considera uma perspectiva semelhante à de Paulo para a “penetração do calor” pelo piso, em um ambiente que está sendo “condicionado” entre dois andares:

André: Para preencher o formulário simplificado / o técnico precisa antes conhecer as dimensões do ambiente a ser condicionado / as janelas / as portas / os vãos livres com as respectivas dimensões / o tipo de parede / ou seja se é leve pesada / o que que é isso(?) / Uma parede grossa é construção pesada ou parede fina / depende da espessura do tijolo que é utilizado / igual essa parede aqui é uma construção pesada / por mais que não tenha outro andar isso foi feito há mais de 60 anos atrás / então / ou seja o piso se ele está diretamente no solo ou se é entre andares / se está diretamente no solo praticamente você não tem transmissão de calor / porque o inferno está perto mas está lá no fundo / não está subindo calor ainda não / né(?) Então / ou seja a tendência do chão é ser mais frio que o ambiente externo / principalmente quando você não tem incidência de sol [...]

Quando é entre andares tem penetração de calor pelo piso / o piso tem penetração de calor / por que(?) A tendência do calor não é subir(?) Vai ficar concentrado / Eletricista sofre / alguém aqui é eletricista(?) Eu já sofri / vai trocar uma lâmpada e aquela massa quente toda lá / o suor descendo [...]

Ou seja / tem ganho de calor o piso de cima por que a massa de ar quente do andar de baixo está penetrando / Agora se o andar de baixo é condicionado aí você pode considerar que é diretamente no solo

André trata o calor como fluido quente, concentrado, capaz de subir e penetrar o piso. Posteriormente, ele passa a tratar o fluido como uma massa de ar quente. Esse modo de falar do calor como fluido utilizado por André é similar, e complementar, ao de Paulo. Calor e frio como substâncias de características opostas: o frio tende a “descer” e se concentrar no solo e o calor a “subir” e se concentrar no teto. E ambos são capazes de “penetrar” pelo piso, mesmo estando este isolado. André atribui ainda outra propriedade de substância ao calor em seu discurso: a variação da concentração. Finalmente André assume o ponto de vista

³² Essa descrição foi realizada a partir das anotações no caderno de campo, pois a transcrição foi comprometida devido ao intenso barulho do motor da câmara frigorífica.

científico de que esse fluido é uma massa de ar quente. Mas até esse momento, todo o tratamento é do calor como um fluido capaz de se deslocar e de se concentrar.

Na entrevista, ao ser questionado sobre a influência do meio externo no cálculo da carga térmica de um ambiente, André explica:

André: Tudo influencia né(?) / A penetração de calor / quanto maior for a facilidade de penetração de calor / maior vai ser a dificuldade da retirada do mesmo // Então você tem que se cercar disso né(?) / se você não tem como eliminar aquela janela / por uma cortina ou por um toldo / Entendeu(?) Aí você tem que aumentar a quantidade de calor do equipamento pra que que você consiga atingir seu objetivo

André trata o calor mais uma vez como algo cujas quantidades podem ser alteradas por um equipamento de refrigeração e manipuladas pelo técnico de refrigeração.

No questionário aplicado aos alunos do TCR, apresentamos um trecho de uma apostila de uma empresa de refrigeração que tratava o calor de forma substancialista:

Em termos expressivos embora não científicos podemos dizer que o isolante térmico armazena o “FRIO PRODUZIDO” pelo equipamento frigorífico no interior do compartimento, deixando penetrar apenas alguns fios de calor.

Podemos perceber nesse trecho que a empresa refere-se ao “frio produzido” dando destaque e comentando ser algo não científico. Além de produzido, ele pode ser armazenado.

André foi solicitado, durante a entrevista, a explicar sobre o papel dos isolantes térmicos e sobre as forma de armazenar o frio. Ele havia dito anteriormente que o isolante armazena o frio, algo que é retomado pela pesquisadora:

Pesquisadora: Então não basta só fazer o frio né(?) / tem que armazenar
 André: Exatamente / você tem que armazenar ele / conservar ele ali dentro / manter
 Pesquisadora: Quando você fala em armazenar / qual que é a ideia que você está usando(?)
 André: Que tem lá o isolante / e que o frio ele vai ficar retido / concentrado / isso // Concentrado
 Pesquisadora: Concentrado lá dentro / como que você faz para ele ficar concentrado?
 André: O ambiente né(?) / você cerca ele num ambiente

Podemos observar que ele utiliza termos com “manter o frio” e “concentrar” o frio, a partir do aprisionamento em um isolante térmico. O frio, nesse contexto, é tratado como uma substância e como tal pode ser armazenada em um local hermeticamente fechado. Ainda na aula sobre cálculo de carga térmica, André afirma:

André: Gente / isolamento tem que ser bem feito para o frio não sair

Assim como Paulo, André fala da importância de não se deixar gretas no isolamento para que não haja a saída do frio.

Na questão proposta aos sujeitos do TCR, que usa a citação da apostila de uma empresa de refrigeração, perguntamos “como o frio é armazenado?”. Foram propostas as categorias “evitando (impedindo) a troca de calor com o ambiente externo” e “impedindo a penetração do calor”. Para o instrutor Carlos, esses dois modos de falar sobre o uso dos isolantes nas câmaras frigoríficas, utilizados pelos alunos, são idênticos:

Pesquisadora: Você identifica alguma diferença entre essas duas categorias / Impedir a troca de calor com o ambiente e Impedir a penetração do calor(?)

Carlos: Não / eu acho que com relação à função do isolante térmico os dois conceitos aí / as duas frases aí tão batendo / porque claro que descreveram de forma diferente né(?) / mas a ideia central é a mesma / querer impedir que / ou saia de dentro / ou de dentro pra fora ou de fora pra dentro / acho que o [objetivo] é formar realmente um bloqueio / uma dificuldade mesmo que é a função que o isolante cumpre / ou ele bloqueia ou se // em partes aí ele vai deixar passar uma porcentagem

É possível observar que Carlos considera que o isolante possa “deixar passar uma porcentagem”, independentemente da existência de gretas. Mas, o isolante cumpre o seu papel de bloqueio, de “impedir que ou saia de dentro, ou de dentro para fora ou de fora pra dentro”. Para ele, se o aluno compreende o isolante térmico com a função de “evitar ou impedir a troca de calor” ou de “impedir a penetração do calor”, ambas as formas são similares e estão, para a atuação profissional, corretas. Do ponto de vista da ciência, “evitar a troca de calor” ou “impedir a penetração do calor” pertencem a categorias ontológicas diferentes, sendo que na primeira o calor está sendo tratado como energia em trânsito e na segunda como uma substância.

É importante ressaltar que os técnicos em refrigeração explicaram a manutenção do frio na câmara frigorífica utilizando categorias que se referiam ao papel do isolante e da barreira formada entre esse ambiente refrigerado e o ambiente externo. Os alunos e instrutores do TCR não mencionaram no questionário a “saída” do frio, apenas na entrevista.

Para Carlos:

Carlos: Ele [o aluno] vai ter a impressão é de que o frio não vai sair / que não vai perder aquele frio que tá lá dentro / é a ideia dele é que ele tá mantendo aquele frio ali aprisionado

Já na entrevista, Carlos afirma que, ao pensar no dimensionamento de uma câmara frigorífica ou ar condicionado, é importante que o aluno considere que o isolante térmico é capaz de aprisionar o frio, uma vez que isso é considerado no cálculo da carga térmica.

Ao ser questionado sobre calor ser tratado como carga térmica, Carlos fornece uma explicação bastante interessante:

Pesquisadora: Então qual que é essa relação entre calor e carga térmica na refrigeração(?)

Carlos: É / porque o calor / ele na verdade é / é o nosso / é o nosso objeto de trabalho né(?) Na refrigeração a gente tem que constantemente estar dimensionando os ambientes / dimensionando as máquinas conforme a quantidade de calor que a gente tem que retirar / essa quantidade de calor a gente faz analogia como se fosse um / uma carga / uma carga / um peso qualquer que você tem que transportar de um lugar pro outro //

A gente faz essa analogia calor com uma carga / então é na refrigeração a gente costuma associar com calor né(?) com aquela / aquela quantidade né(?) de / de calor que você tem que transportar de um lugar pro outro / onde você tem que tirar(?) tem que tirar de dentro do recinto e por no ambiente

Pesquisadora: Então trata como uma carga mesmo(?)

Carlos: Uma carga

Pesquisadora: Como algo material(?)

Carlos: Isso // a gente usa / usa a palavra carga para o aluno entender que é um // é realmente uma coisa que você tem que jogar pra fora / você tem que transportar

É possível perceber que Carlos define a carga térmica, termo muito utilizado nessa comunidade, como um tratamento para o calor como algo material. Além de ter consciência desse uso e considerá-lo útil para o exercício profissional, trata o termo carga térmica como uma analogia, que define calor como algo que pode ser transportado de um local para outro. Essa abordagem do calor como carga térmica

permite uma abordagem quantitativa para o calor e a realização de cálculos sobre a quantidade de calor que pode ser retirada de um determinado ambiente para que se atinja a temperatura desejada.

No trecho retirado da apostila de refrigeração apresentado anteriormente, além de considerar que o frio pode ser produzido e armazenado, eles se referem à entrada de “alguns fios de calor” no ambiente.

Solicitamos na entrevista que Daniel explicasse como o frio pode ser armazenado e obtivemos a seguinte resposta:

Daniel: Qualquer circuito abaixo da temperatura / ele armazena frio / o que não pode deixar é adentrar calor

Nessa perspectiva, Daniel trata o calor e o frio como substâncias diferentes.

Ao ser solicitado a definir fios de calor, embora o instrutor Bruno afirme não ser um termo utilizado por ele, explicita:

Bruno: Pelo que deu para entender que fio de calor é aquela micropartícula que passa que entra pra dentro do ambiente / né(?)

Bruno atribui outra propriedade ao calor característica de substâncias: ser constituída por partículas.

O aluno Marcos faz a seguinte consideração sobre o tratamento do calor como sendo constituído por partículas:

Pesquisadora: Na pergunta 4 / porque podemos dizer em termos científicos que o frio não existe(?) / você respondeu assim // o frio é como o ar que respiramos / em que medida você considera o frio ser como o ar(?)

Marcos: Bom eu coloquei primeiro o ar / a gente não pode ver né(?) / Mas a gente sabe que ele existe e que ele tem uma função vital para nós então eu comparo o ar ao frio e como a gente já comentou / é / temperatura é uma questão de sensação

Pesquisadora: Agora o ar / pra mim o ar pra mim é matéria / eu não consigo ver mas tem partículas ele tem lá oxigênio / gás carbônico // E frio também tem essas partículas / essas moléculas(?)

Marcos: Tem sim

Pesquisadora: Ah / então você imagina o frio como o ar mesmo / ele tem partícula //

Marcos: O fato é que as partículas de um ar frio elas vão sofrer uma alteração

Pesquisadora: Que alteração você acha que sofre da partícula do ar frio e da partícula do ar quente?

Marcos: Aí é uma questão de temperatura eu vejo eu entendo que o ar perde temperatura e que nós podemos oscilar a temperatura do ar

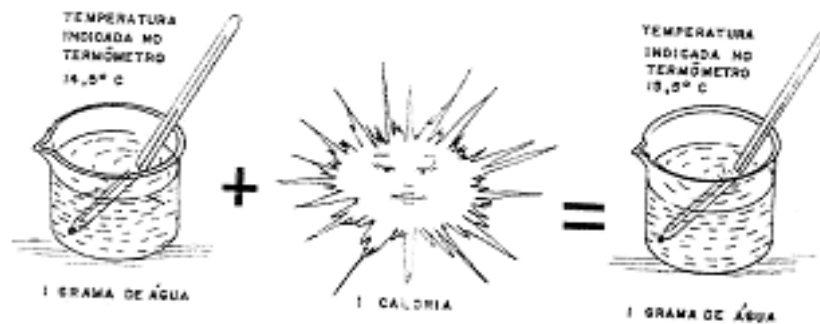
Tanto Bruno como Marcos atribuem ao calor e ao frio essa constituição por partículas. Marcos compara o frio ao ar frio, mas não consegue explicar a alteração que sofre a partícula de ar frio. Enquanto o aluno Marcos considera o frio equivalente ao ar frio, o instrutor Bruno parece se referir ao próprio frio como uma partícula.

Uma representação da unidade de caloria apresentada na apostila do curso de refrigeração também nos chamou a atenção, por representar a caloria com característica animista:

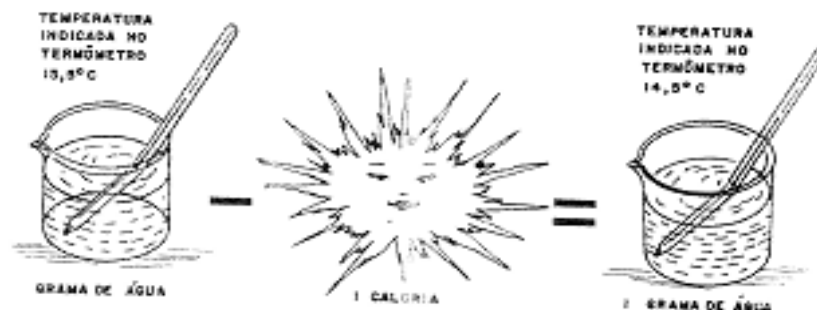
Figura 4 – Representação animista da caloria

CALORIA (cal)

É a quantidade de calor necessária para elevar de $14,5^{\circ}\text{C}$ a $15,5^{\circ}\text{C}$ a temperatura de 1 grama de água pura sob pressão normal.



Inversamente, se de uma grama de água com temperatura de $15,5^{\circ}\text{C}$, a pressão normal, retirarmos uma caloria, teremos $14,5^{\circ}\text{C}$.



Fonte: SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2001.

O fato de a caloria, unidade de medida do calor, ser representada como um pequeno sol reforça essa ideia do calor e do frio como substâncias. Tratar o calor como “fios de calor” ou a caloria como uma representação infantil para o sol sugerem, além do conceito substancialista, um modo de pensar animista.

Na fala de Marcos, “eu comparo o ar ao frio e como a gente já comentou / é / temperatura é uma questão de sensação” também é possível evidenciar um discurso híbrido, com distintos modos de falar sobre calor em um mesmo enunciado.

Ao ser questionado sobre a utilização do frio como substância pelos alunos e técnicos de refrigeração, André afirma:

Pesquisadora: Um técnico trata o frio igual ao ar / quer tirar o frio de lá ou manter o frio lá dentro // Então é essa ideia de tratar o frio como substância / para refrigeração ajuda a entender(?)

André: Olha / eu acho que sim // Facilita o entendimento dele

Pesquisadora: E não atrapalha né(?) / com que sentido que eu estou querendo dizer / porque a energia é algo bem mais abstrato né(?) / para você tratar como energia

André: Se você falar de / de / de transferência de calor / algumas coisas da física então não tem como a gente / é / é / não é coisa concreta / digo é muito abstrato / então uma pessoa ela tem que imaginar as coisas acontecendo // Então se você levar para parte mais prática possível para pessoa ter o entendimento vai facilitar para ela / porque não adianta nada eu fazer a pessoa entender / compreender um termo técnico / porque ele nem estudou / porque isso daí é coisa de segundo grau / os cursos da qualificação é nível de sexta série / às vezes nem / nem / nem sabe escrever direito / às vezes tem dificuldade de leitura // você querer falar alguns termos técnicos para ele e ele num vai aprender a parte prática da coisa / então às vezes é melhor você levar ele ter um conceito mais prático né(?) / às vezes se você falar isso fisicamente tá errado / mas o aluno está entendendo dessa maneira / está compreendendo assim // porque o meu objetivo não é ensinar física pra ele / meu objetivo é ensinar ele dar manutenção nas máquinas de refrigeração e ar condicionado / então se ele tá entendendo isso

Pesquisadora: Isso que ele aprendeu funciona bem(?)

André: Funciona bem pra ele / se tá funcionando bem então é melhor que ele fique assim mesmo / dessa maneira

Ao discutir sobre a utilização do frio como uma substância para os alunos do TCR, André atribui que esse conceito para a ciência pode ser errado, mas é útil para o exercício profissional. Para ele, não é importante trabalhar esse conceito de forma acadêmica, a qual ele se refere como técnica, uma vez que seu objetivo não é ensinar física ao aluno, mas ensiná-lo a dar manutenção nas máquinas de refrigeração e ar condicionado. Com essa finalidade, assinala o uso do conceito de frio como uma substância como algo útil e, mais importante, afirma que isso funciona para essa comunidade.

Foi possível perceber que essa comunidade utiliza o calor e o frio como sendo substância, atribuindo a eles propriedades como concentração ou existência de partículas em sua constituição. Essa utilização dialoga com o discurso da ciência de correntes de convecção. Esse uso, do calor e do frio como substâncias, para muitos desses sujeitos, é feito de forma consciente. Alguns destes consideram-na divergente do conceito científico, mas útil ao exercício profissional.

5.3.2 Os Bombeiros militares

Para iniciar a discussão com os bombeiros militares sobre os modos de falar do calor numa perspectiva substancialista, retomaremos as definições de combustão e tetraedro do fogo, apresentadas no capítulo anterior. Como proposto no Manual de Combate a Incêndio em Local Confinado (MCILC, 2006), a combustão “é um fenômeno químico, uma reação química, logo deverá ter elementos que reajam entre si, bem como circunstâncias que favoreçam tal reação”. Os quatro elementos, que compõem o tetraedro do fogo, são combustível, comburente, calor e reação em cadeia. Voltemos ao conceito de calor apresentado no manual:

Calor: é o elemento que serve para dar início a uma combustão, mantendo e aumentando a propagação. A temperatura de fulgor dos corpos varia de material para material, assim a gasolina vaporiza a temperatura muito baixa, enquanto que a madeira e o carvão exigem mais calor e assim sucessivamente, aumentando a quantidade de calor podemos vaporizar quase todos os combustíveis. (MANUAL DE COMBATE A INCÊNDIO EM LOCAL CONFINADO, 2006, p.18).

É possível perceber que o calor é proposto como um “elemento” necessário para o início, manutenção e propagação da combustão. Diferentemente da ciência, a reação de combustão é vista pela comunidade como “absorvendo” e liberando calor, uma vez que o calor é o agente ígneo necessário para que os combustíveis atinjam o ponto de fulgor e entrem em combustão, sendo o calor liberado pela reação, após o início da combustão, responsável pela autossustentação desse processo. Está também implícita nesse trecho a ideia de calor como temperatura elevada, uma vez que diferencia que alguns corpos vaporizam a uma temperatura mais baixa, enquanto outros necessitam de “mais calor”, ou seja, maior temperatura, para

vaporizarem. Temos, nesse contexto, um discurso híbrido que utiliza ideias de calor como alta temperatura e como substância.

Para os entrevistados nessa comunidade, a primeira questão proposta foi que relatassem todos os procedimentos realizados pelos bombeiros para debelar um incêndio, desde a chegada ao local da ocorrência até sua finalização. Oliveira forneceu a seguinte explicação sobre a importância da saída do calor em um incêndio em local fechado:

Oliveira: Na situação fechada / tem uma característica que antecede essa fase que seria ventilar isso aqui [referindo-se à sala em que estávamos] / Antes de chegar no resfriamento e abafamento primeiro você abre uma parte superior / para quê(?) Para dar condição desse gás sair

Pesquisadora: E por onde geralmente se abre(?)

Oliveira: Por parede janela ou telhado

Pesquisadora: E por que no alto(?)

Oliveira: Porque é aonde está a parte quente / Porque se eu abrir a parte baixa / pelo efeito de convecção e condução / pelo efeito da convecção / o que vai entrar pela parte de baixo(?) Ar fresco / Vai alimentar o incêndio / Então na convecção tudo que é quente sobe e o frio desce / Usando esse princípio a gente abre primeiro em cima / para que esse gás ou combustível sair

Pesquisadora: Qualquer lugar do teto(?)

Oliveira: Qualquer lugar mais alto da edificação / Você abre para esse calor sair e deslocar ar na parte baixa / até para você entrar e deslocar // Abriu na parte baixa você vai fazer uma ventilação horizontal / entra o ar fresco por aqui / Automaticamente vai mandar o ar quente para lá [aponta para o teto da sala em que estamos] / Vai fazer uma corrente de ar aqui // Ou a gente pode fazer isso com equipamento / vamos com nossas viaturas e instalamos um exaustor lá em cima e um ventilador aqui em baixo / O ventilador uma pressão positiva e o exaustor uma pressão negativa

Pesquisadora: Então essa ventilação pode ser natural ou forçada(?)

Oliveira: Exato / Fez essa ventilação e ai volta para essa etapa / esfriamento e abafamento

Pesquisadora: Qual é a relação dessa ventilação com o calor(?)

Oliveira: Volto naquela explicação que a gente fez do gás quente / Aqui em cima tem um gás combustível e calor / tá faltando só o quê(?) / abrir a porta e entrar oxigênio e formar aquela mistura explosiva de novo / quando ventilo lá em cima o que eu retiro aqui(?) / Eu retiro calor e retiro combustível / Eu quebro o triângulo [referindo-se ao triângulo do fogo] / Então dificulto que isso aconteça / torno o ambiente em uma queima de local aberto / Volto para a técnica de quê(?) / Resfriamento e abafamento

Pesquisadora: Qual o papel do resfriamento(?) Qual a importância dele(?)

Oliveira: Voltamos no triângulo de novo / é sempre tirar um lado / quer dizer calor / combustível e agente ígneo / então a essência simples aqui é sempre tirar um dos lados / Olhando do lado do combate ao incêndio o objetivo é tirar o lado do calor

Oliveira relata que a essência do combate a incêndio é bastante simples: retirar um dos elementos do triângulo do fogo. Na perspectiva do bombeiro, o incêndio será combatido extinguindo-se um desses elementos: combustível,

comburente ou calor. Nesses termos, Oliveira afirma que “olhando do lado do combate ao incêndio o objetivo é tirar o lado do calor” do local incendiado. Oliveira utiliza a perspectiva científica das correntes de convecção para explicar por que o calor se acumula no teto e como vai ser retirado do local. Esse tratamento dado ao calor pode ser considerado substancialista.

Em um trecho da aula apresentado no capítulo anterior, Silva passa um vídeo sobre a evolução de um incêndio em um local fechado e a ocorrência de um *flashover*. Ao explicar a ocorrência do *flashover*, Silva afirma:

Silva: Vocês podem observar que na fase inicial da incubação // você vê que ela [a chama] ainda fica estática ali / fica restrita àquele pedaço mas depois que ela começa a pegar fôlego // começa a acumular energia calorífica aí já começa a espalhar // então / chamas vivas // a fase em que já deflagrou / começou a incendiar os objetos do lado // há acúmulo de material aquecido de gás aquecido no teto // daqui a pouco vai haver defecção das chamas // o que que é isso(?) / a chama ela vai começar a aparecer lá / a chama vai começar a bater no teto / vai começar / a temperatura muito alta / vai começar a fazer o que(?) / buscar a partícula que está em condição de ser / de entrar em combustão do outro lado // há acúmulo de calor nas quinas e nas pontas / o local está fechado

É possível observar que, assim como Oliveira, Silva considera que o calor acumula-se no teto, parte superior da edificação. Acrescenta ainda que “há acúmulo de calor nas quinas e nas pontas”. É possível perceber ainda nessa construção da narrativa durante a aula que o instrutor atribui propriedades anímicas à chama, dizendo que “ela começa a pegar fôlego”, a “bater no teto” e a “buscar a partícula que está em condição de ser / de entrar em combustão do outro lado”. Na construção dessa narrativa, o instrutor personifica o calor, atribuindo vida à ele.

O MCILC também utiliza um conceito animista para a chama ao definir comburente: “é o elemento que possibilita vida às chamas e intensifica a combustão”. É possível perceber que para essa comunidade, as chamas e o fogo possuem uma vivacidade e uma materialidade que permitem relacioná-lo às propriedades (i) animistas e (ii) substancialistas.

Bachelard (1937/2012) afirma que, na tentativa de explicar o fogo, as concepções animistas e substancialistas encontram-se misturadas de uma maneira inextricável. Como o fogo, ao contrário da eletricidade, não encontrou sua ciência, ele permaneceu no espírito pré-científico como um fenômeno complexo que tem a

ver com a química e a biologia ao mesmo tempo. Por isso, na busca por entender o fogo, Bachelard também estudou essas concepções em sua confusão.

Durante a entrevista, Silva também explica o papel do resfriamento e da ventilação quando da atuação do bombeiro no combate ao incêndio. Em seu discurso, utiliza enunciados que apresentam modos de falar substancialistas e animistas para o conceito de chama e calor.

Silva: Ele [o resfriamento] reduz a intensidade do calor que vai possibilitar o cara [o bombeiro] entrar para fazer o combate / Ele vai evitar o aparecimento de novos focos porque o calor vai estar reduzido / Então como o calor sempre ascende / você vai tirar onde(?) / Nos locais onde está acumulando / E ele sempre acumula mais onde(?) Nos cantos onde ele encontra // Ou então nas partes mais altas

Pesquisadora: O calor acumula nos cantos / o senhor consegue me explicar por que(?)

Silva: Olha / é // eu acho que é por uma questão de movimento mesmo / Ele vai caminhando sempre na parte mais alta / e é onde ele se vê encurralado / porque gerou calor e a fonte continua gerando calor então essas outras vão empurrando

Pesquisadora: Mas e se tiver que furar um teto para fazer sair esse calor(?)

Silva: Preferencialmente no alto e nas quinas / nos cantos /

Pesquisadora: Interessante pensar nisso / que o calor acumula na parte superior e nas quinas

Silva: É uma outra maneira de fazer a ventilação / de fazer a retirada desses vapores / de reduzir o calor / além desse furo em cima você promove outra abertura embaixo // Porque o ar frio vai entrar e vai haver a troca de calor / ele vai ascender e ele vai sair / então ele vai promover esse arraste

Fazendo-se um buraco no teto, preferencialmente nas quinas, será possível retirar o calor acumulado no teto e nas quinas. É possível perceber, nesse contexto, o uso do conceito de calor como substância. Nesse trecho, também podemos destacar o calor sendo tratado de forma animista, uma vez que Silva atribui a ele propriedade de “ser encurralado”. Além das formas substancialista e animista, no final desse trecho, Silva relata que “o ar frio vai entrar e vai haver a troca de calor / ele vai ascender e ele vai sair / então ele vai promover esse arraste”. Silva utiliza o princípio das convecções das massas de ar para explicar como o calor será “retirado” do local.

Ao final das entrevistas, perguntamos aos instrutores do CFO sobre a entrada do ar frio e sobre o conceito de calor como uma substância. Apresentamos as respostas fornecidas por Oliveira e Silva:

Pesquisadora: Uma coisa que eu queria explorar com o senhor / que eu percebi tanto nas aulas e nas entrevistas / O calor em muitos momentos é tratado como algo material / como uma substância

Oliveira: Sim / no triângulo ele é tratado como objeto

Pesquisadora: Por que desse uso(?) Ele facilita o uso do conceito(?)

Oliveira: Acho que está relacionado a isso / mais a forma didática que a forma empregada

Pesquisadora: Porque você trata o calor assim / vou expulsar o calor / trata o calor como se trata o ar / por exemplo // Ou eu estou equivocada(?)

Oliveira: A forma didática é mais ou menos essa mesmo

Pesquisadora: Isso facilita o uso(?)

Oliveira: Acho que é mais fácil de entender / no serviço do bombeiro vou expulsar o que aqui(?) Expulso o calor e o combustível que está lá quente

É possível perceber que Oliveira admite o uso do calor como uma substância, como um “objeto”, durante o combate ao incêndio. Dessa forma, fazendo-se os procedimentos corretos, ele pode ser “expulso” do ambiente. Além disso, Oliveira considera que no triângulo do fogo o calor é tratado como um objeto por ser esta a forma mais “didática” e que está mais associada ao uso no exercício profissional, tendo portanto, um valor pragmático.

Silva também admite o tratamento do calor como substância:

Silva: Ela é usada sim / Acho que é até uma maneira mais fácil de entender aquilo que se está passando em frente do profissional bombeiro / quando ele está submetido a uma situação de incêndio / É mais fácil / é mais tátil / é aquilo que a gente consegue sentir / É o que está mais próximo da gente / É uma questão de entendimento mesmo / É um elemento você sente / o calor // Você está sentindo ali // No momento que você faz uma aproximação do local incendiado é algo que você sente / é o calor / Esse conceito ele é adequado pelo que a gente usa

Pesquisadora: Então você acha que facilita / tanto para o aluno como para o combatente ele tratar o calor como algo material(?) Como esse elemento(?)

Silva: Como algo perceptível / tanto à vista como à percepção

Pesquisadora: É perceptível à vista(?)

Silva: A representação dele / calor como chama / chama é calor para a gente

Silva admite não apenas que o calor seja utilizado como substância, mas considera que esse uso é útil no combate ao incêndio, por ser tratado “Como algo perceptível / tanto à vista como à percepção”. Ele afirma ainda que, para o bombeiro, a chama é o próprio calor. Nessa definição, também fica evidente a importância para o bombeiro das sensações térmicas quando do combate ao incêndio e da materialização do calor como chama.

Outra observação importante que podemos fazer é que Oliveira refere-se ao calor como “objeto”, mas Silva e o MCILC o tratam como “elemento”. Analisando os

contextos em que foram empregados, esses termos surgem como sinônimo para substância, reforçando nossa hipótese inicial desse tratamento do calor como sendo material e palpável.

Dos cinco alunos entrevistados, quatro admitiram a utilização do calor como substância. Mônica, ao ser questionada sobre o uso do calor como substância, relata:

Mônica: Na verdade existe / muito porque a gente lida com o fogo como uma coisa palpável / vê o fogo o tempo todo / a gente às vezes coloca o fogo para fazer o treinamento então você tem o fogo como uma coisa muito palpável / e o fogo é muito relacionado com o calor né(?) / onde tem o fogo imediatamente tem o calor // a gente tem o calor como uma coisa como uma substância porque é palpável para a gente / a gente mexe com o fogo o tempo todo e sente o calor o tempo todo / mas eu acho que é mas uma energia / forma de energia

Pesquisadora: Sim mas eu acho que os dois tratamentos / eles são importantes // esse de ser palpável

Mônica: É porque é esse tratamento perceptível mesmo né(?) / porque para a gente esse conceito é //

Pesquisadora: É porque eu queria saber a importância dele para o bombeiro / de tratar o calor como algo palpável

Mônica: É muito importante porque o incêndio é algo totalmente palpável / a gente sente o calor fisicamente então para gente é palpável ((claro)) a gente tem contato direto com isso tanto o calor na pele / o desgaste físico que ele provoca / então pra gente é realmente muito palpável / a gente dá um tratamento muito mais especial para ele do que alguém na rua / alguém em casa que esquenta uma panela no fogo / a gente dá um tratamento muito mais especial para o calor porque sabe dos desgastes que ele pode causar / os prejuízos e danos para gente é muito mais palpável

Mônica fala sobre o calor ser tratado como substância, uma “coisa”, por ser algo mais palpável para sua comunidade. Ao mesmo tempo em que concorda com o uso em âmbito profissional do calor como substância, ela retoma o discurso da ciência, dizendo que para ela calor “é mais uma forma de energia”. É importante ressaltar que o aluno do CFO possui aulas de disciplinas específicas para o exercício profissional e aulas de química, física e matemática com professores, geralmente civis, contratados para ministrar tais disciplinas. Assim sendo, eles possuem acesso a formas cotidianas, técnicas e científicas para a abordagem desse conceito, o que favorece uma utilização de forma híbrida, acessando diversas formas de conceituar.

Ao ser questionado sobre o uso do conceito de calor como uma substância, ao contrário dos instrutores e dos outros alunos, o aluno Eduardo nega essa

utilização dizendo que atualmente é tratado apenas como “uma transferência de energia mesmo, uma coisa mais científica”.

Eduardo: Para falar a verdade eu não concordo porque eu não vejo dessa forma

Pesquisadora: Como é forma que você vê(??)

Eduardo: Na época que o MABOM foi feito e que alguns outros manuais foram feitos era uma coisa mais antiga / talvez a visão que se tinha de calor era diferente / era aquela teoria alquimista mesmo aquela coisa mais mística / hoje em dia a ciência é a base de tudo né(??) / Então a gente nos dias contemporâneos a gente vê o calor como físico como uma transferência de energia mesmo / uma coisa mais científica

Pesquisadora: Então não é tratado dessa forma mais(??) Como uma substância(??)

Eduardo: Por mim / e eu acredito que pelas escolas mais modernas / não

No entanto, em outro momento da entrevista, ele afirma:

Pesquisadora: Você pensa alguma coisa sobre o calor para combater o incêndio(??)

Eduardo: Pensamos sim / pensamos que o calor no caso ele é um certo inimigo do combate ao incêndio / então a princípio é necessário eliminar ou minimizar esse calor no ambiente / através disso são feitas algumas ações de bombeiro / é feito o resfriamento e retirada de calor do local e utilizado equipamento de proteção individual

É possível observar que, mesmo negando o uso do calor como uma substância, ao responder sobre como utiliza a ideia de calor profissionalmente, Eduardo faz uso de um enunciado híbrido. Identificamos os modos de falar (i) substancialista – “é necessário eliminar ou minimizar esse calor no ambiente”; “é feito o resfriamento e retirada de calor do local” – e (ii) animista – “pensamos que o calor no caso ele é um certo inimigo do combate ao incêndio”.

Percebemos ainda que os alunos e instrutores entrevistados no curso do CFO dos bombeiros, com exceção de Eduardo, mesmo havendo cursado o Ensino Médio e disciplinas que abordam o conceito de calor como transferência de energia, têm consciência da utilização do calor como substância, como algo material, e fazem disso algo útil ao exercício profissional quando do combate a incêndios.

5.3.3 A utilização da zona dos perfis conceituais de calor e frio como substâncias nas comunidades

No quadro a seguir, apresentamos uma síntese da utilização do conceito de calor e frio como substâncias nas comunidades:

Quadro 17 – Síntese da utilização do calor e do frio como substâncias pelas comunidades

	Técnicos em refrigeração	Bombeiros militares
Contexto(s) de uso	1. Retirar o calor de um ambiente para refrigerá-lo. 2. Impedir a saída do frio ou a entrada do calor de um determinado ambiente.	Retirar o calor de um ambiente para: 1. Possibilitar a aproximação da tropa. 2. Evitar a propagação ou (re)início de um incêndio.
Justificativa(s)	Transformar o calor e o frio em algo perceptível sensorialmente e visualmente, para que possam ser manipulados.	1. Preservar a integridade física. 2. Transformar o calor em algo perceptível sensorialmente e visualmente, para que possa ser manipulado.
Modos de falar	Calor e frio associados aos seguintes verbos: Armazenar; rejeitar; eliminar; infiltrar; passar; entrar; concentrar; cair; subir; absorver; entrar; sair.	Calor, predominantemente, associado aos seguintes verbos: Subir; descer; concentrar; acumular; expulsar; absorver; entrar; sair; eliminar; minimizar.

Fonte: Elaborado pela autora

Tanto para a comunidade de técnicos em refrigeração como de bombeiros militares, é importante a utilização dos conceitos de calor e de frio como substância, um fluido que pode sair de um corpo e penetrar em outros, como admitido pelos instrutores dos cursos de formação. Contudo, nas duas comunidades, existem sujeitos que negam essa utilização e afirmam o uso do calor como uma forma de energia. Mesmo negando o uso do calor como substância, os sujeitos utilizam, ainda que de forma inconsciente, modos de falar que remetem a essa forma tratamento. Isso se deve ao fato de que o calor como uma substância faz parte da linguagem socioculturalmente situada dessa comunidade, da qual o sujeito se apropria quando em diálogo com seus pares.

Analisando a linguagem socioculturalmente situada, há razões similares e distintas para a utilização do calor como substância para cada uma dessas comunidades.

Como similaridade, podemos destacar que ambas as comunidades utilizam a ideia da convecção das massas de ar, da tendência do “ar quente subir e do ar frio descer”, devido à diferença de densidade. Elas atribuem ao calor e ao frio, ao tratá-los como substâncias, a propriedade de possuir densidade menor e maior, respectivamente, que o ar a uma temperatura ambiente. Tanto os bombeiros como os técnicos em refrigeração referem-se ao calor acumulado próximo ao teto e ao frio próximo ao solo, e utilizam a ideia da convecção para mover esses fluidos no interior de um ambiente.

Como ponto divergente nas comunidades, destacamos que os técnicos em refrigeração utilizam a noção de carga térmica com o intuito de transportar o calor de um ambiente para outro. A partir disso, uma máquina térmica é responsável por transportar o calor de um ambiente interno para o externo. Além disso, utilizam isolantes térmicos para “impedir a saída do frio, aprisionado em um local condicionado”. Para esses técnicos, o frio é a substância a ser mantida, e o isolamento térmico é o principal procedimento utilizado para impedir a entrada do calor ou a saída do frio. Portanto, o calor é algo para ser retirado do lugar que vai ser condicionado e o frio tem que permanecer neste local, por isso o isolamento deste ambiente. A partir desse tratamento, os técnicos em refrigeração conseguem manipular calor e frio como fluidos e dessa forma obter a temperatura desejada.

Já os bombeiros militares trabalham com a ideia do calor como um elemento essencial à ocorrência da combustão e que, como tal, precisa ser retirado daquele ambiente. Assim sendo, para combater o calor, eles utilizam (i) a ventilação, natural ou forçada; e (ii) o resfriamento. O primeiro é realizado abrindo-se uma saída em um local alto da edificação, ou utilizando-se um exaustor, e o segundo é feito jogando-se água. Segundo eles, a água proporciona: (i) o resfriamento, ao absorver calor para a mudança de estado e para atingir o equilíbrio térmico; (ii) o abafamento, pois, quando no estado gasoso, dificulta o contato do combustível com o oxigênio, já que que dois corpos não ocupam o mesmo lugar no espaço; (iii) o arraste do calor para fora do ambiente (MCILC, 2006, p. 25). Essa última função da água reforça o uso do calor como uma substância.

Para os bombeiros, os isolantes térmicos são utilizados nos EPI para proteger o corpo do fogo e do calor. Nesse sentido, desejam “impedir a entrada do calor e da sensação térmica de quente”.

Outro aspecto importante que podemos destacar é que os bombeiros, além de se referirem ao “combate ao calor” presente em locais de incêndios, utilizam modos de falar que tratam o calor como substância, tais como “retirar” e “eliminar”, de modo semelhante ao que foi descrito pelos os técnicos em refrigeração. O termo “combater o calor” aparece como uma particularidade dos bombeiros militares. Além disso, o calor foi tratado como “objeto”, “coisa” ou “elemento”, termos utilizados como sinônimos para substância, permitindo aos sujeitos tratarem-no como algo material.

A utilização de conceitos animistas para o calor é muito mais evidente para os bombeiros do que para os técnicos em refrigeração. Possivelmente, essa atribuição de “vontade” ao calor está associada à sua representação como chama, como fogo. No contexto animista, a atribuição de “vida” pode ser feita ao calor, considerado como uma entidade que se movimenta por suas próprias forças. (MORTIMER; AMARAL, 2001). Para o bombeiro, essa concepção animista é importante, pois a personificação do calor e da chama permite ao sujeito visualizar essas entidades como “inimigas”, termo utilizado por três dos cinco alunos entrevistados. Tratar o fogo e o calor como inimigos é essencial, no combate a incêndio, para assegurar integridade física ao bombeiro e a preservação do patrimônio.

Nesta seção, procuramos analisar a utilização da zona do perfil conceitual de calor correspondente a Calor Substancialista, como proposto por Amaral e Mortimer (2001). É importante ressaltar que, mesmo conhecendo e estudando o calor como sendo proporcional à diferença de temperatura entre dois corpos, zona científica do conceito de calor, essas comunidades utilizam a zona substancialista para operacionalizar suas ações. Interpretar o calor como algo material, como características de um fluido, de uma substância, continua sendo utilizado para a compreensão e a operacionalização desse conceito, útil em determinadas esferas quando do exercício profissional.

Foi possível observar que a maioria dos sujeitos dessas comunidades admitem que utilizam, para operacionalizar a atividade profissional, o calor como substância. Contudo, em muitos momentos esse conceito é utilizado de forma involuntária. Esse uso também se deve à apropriação da linguagem situada.

Embora na química moderna não sejam mais atribuídas ao calor propriedades de uma substância, o substancialismo ainda sobrevive nas linguagens cotidiana e tecnológica, de forma socioculturalmente situada, quando falamos sobre ele. O

substancialismo, portanto, é uma conceituação importante para atividades profissionais que utilizam o conceito de calor. Sua importância reside no fato de que, embora se possa pensar que ele não faz mais parte da doutrina da química moderna, ele se mantém vivo na textura sutil da linguagem e práticas cotidianas e profissionais.

5.4 Calor como energia

Calor, para a ciência, é associado à transferência de energia térmica de um sistema a outro – ou entre partes de um mesmo sistema – quando há diferença de temperatura entre eles. Designa também a quantidade de energia térmica transferida em um processo. Calor não é uma propriedade dos corpos e, por essa razão, não é correto afirmar que um corpo possui mais calor que outro, tampouco é correto afirmar que um corpo "possui" calor. A transferência de calor entre os corpos pode ocorrer por três diferentes formas: radiação, convecção e/ou condução. Das três, a única que ocorre mesmo em ausência de meio material é a primeira, radiação.

A compreensão do calor como uma forma de energia é bastante difícil para a maioria das pessoas. Essa dificuldade parece estar associada ao fato de o conceito de energia ser puramente teórico e, também, pelo fato desta não poder ser medida nem definida operacionalmente. Por essa razão, outros conceitos, para além do científico, são utilizados durante a atuação profissional de técnicos em refrigeração e bombeiros militares de maneira, muitas vezes, consciente e eficaz, como abordado nas seções anteriores. Nesta seção, pretendemos abordar a utilização do conceito de calor como energia que emergiu nos dados coletados. Apresentaremos também a utilização do calor como energia que subjaz os conceitos de “carga térmica” e “tetraedro do fogo”, utilizados pelas comunidades.

5.4.1 Os técnicos em refrigeração

Observamos que todos os instrutores responderam à questão “Para você, o que é calor?” no questionário dizendo que calor é uma forma de energia. Contudo, ainda houve diferenças na definição desse conceito. A maioria definiu calor como

transferência de energia entre os corpos, explicitando ou não a necessidade da diferença de temperatura para essa transferência. Os demais consideraram o calor como a energia interna do corpo ou energia térmica.

A seguir, apresentamos alguns exemplos de respostas desses instrutores no questionário para a definição de calor:

André: É a energia térmica de um corpo

Carlos: É a energia térmica que se transfere de um corpo para outro

Daniel: É o grau de energia interna de um corpo ou de um sistema

Embora a definição de calor no questionário tenha se restringido às concepções de calor que mencionavam energia em trânsito ou como energia térmica ou ainda como energia interna, aparentemente, não há clareza nessa definição. Durante a entrevista, para essa mesma pergunta, apareceram outros conceitos de calor utilizando diferentes zonas do perfil conceitual, como apresentado anteriormente.

Durante a entrevista, Carlos foi solicitado a discutir sobre as três formas de definir calor como energia feita pelos alunos ao responderem o questionário:

Pesquisadora: Como eu tinha lhe dito 40 por cento tratou calor como temperatura / 44 por cento tratou como energia / mas eles disseram assim / é / energia interna movimentação de partículas 14 por cento / outros 16 por cento disseram que calor é energia térmica e 12 por cento disseram que é energia em trânsito entre os corpos / Então apareceu três formas de falar de energia / como energia interna / energia em trânsito / e como energia térmica / Você vê alguma diferença entre essas três formas de tratar energia(?)

Carlos: É para se tratar o calor / o calor como energia(?) [...]

Sim / tem porque o calor em si ele é a transferência / ele é a energia em trânsito porque se eu não / se eu não tiver dois corpos para trocar / é / calor é / teoricamente eu só vou ter interna / A energia interna que ela é teoricamente a energia térmica mas é / eu só vou ter o calor se / se houver o trânsito dessa energia / enquanto não houver / é / transferência / a única coisa que eu vou ter vai ser energia térmica / é / ou energia interna né(?)

Pesquisadora: Então tem diferença / mas para o aluno você acha que pelo fato deles terem respondido calor dessas três formas eles diferenciam ou não(?)

Carlos: Não / dessa forma que eu estou falando não / não diferenciam não

Pesquisadora: Agora qualquer uma dessas três formas de mencionar energia você acha que estão apropriadas(?) Para dizer sobre calor(?)

Carlos: É / se ele chegar nesse nível de resposta já tá bom demais.

Ao ser solicitado a discutir sobre as três formas que os alunos utilizaram para apresentar o calor como energia, o instrutor demonstra conseguir distinguir entre energia térmica, energia interna e energia em trânsito. Contudo, admite que os

alunos desconhecem essa distinção e que, para os objetivos profissionais, identificar apenas calor como um tipo de energia já é suficiente. Carlos também utiliza o conceito de energia interna para definir o que é frio:

Carlos: O que é frio (?) Para mim o frio é o estado aí da matéria que você tem a menor agitação interna das partículas né(?) / seja um átomo / seja as moléculas mesmo / o frio é essa ausência aí de agitação das moléculas / o frio // Aí o corpo frio é um corpo que tá com seu estado aí de agitação de partícula / de constituinte com menor ponto de / de energia / com referência a outro ponto de estado de energia agitação / vai tá com um estado menos agitado

Carlos começa definindo o frio como ausência de agitação das moléculas, ou seja, propõe indiretamente o conceito de zero absoluto. Posteriormente, apresenta o frio como estado de agitação de partícula de constituinte com menor ponto de energia, estabelecendo a ideia de um corpo com menor energia e agitação térmica em relação a outro corpo. Carlos estabelece, portanto, a ideia de grandeza referencial em relação a outro corpo. Embora ele utilize frio como sensação térmica ou como substância em outros contextos, ele demonstra conhecer o significado atribuído para frio pela ciência.

O instrutor também utiliza a ideia de sentido único do fluxo de calor ao explicar a troca de calor em um processo de refrigeração:

Pesquisadora: essa ideia de troca de calor / que que significa troca de calor para área de refrigeração(?)

Carlos: Troca de calor é / na refrigeração a gente tem um corpo quente e um corpo frio / a gente sabe que na refrigeração que o corpo quente... / o corpo frio né(?) / ele tende a absorver calor e o corpo quente tende a rejeitar calor // Quando você tem a máquina de refrigeração ela trabalha nesse processo / ela abaixa a temperatura de um / ambiente seja uma sala seja um gabinete seja uma câmara frigorífica / temperatura externa / e tem que transferir essa temperatura né(?) que é o calor na verdade pra área externa / aí quando não existe essa troca de / de calor a máquina não consegue atingir as temperaturas de trabalho

É possível observar que, para definir a troca de calor, um importante conceito utilizado na refrigeração, Carlos utiliza o conceito de calor como energia ao estabelecer o sentido único do fluxo de calor como sendo do corpo de maior temperatura para o de menor. Ele explica ainda que, para diminuir a temperatura de um determinado ambiente, é necessário transferir o calor para o meio externo utilizando uma máquina térmica. A troca de calor é realizada por meio do funcionamento dessa máquina. Afirma ainda que, “quando não existe essa troca de

calor, a máquina não consegue atingir as temperaturas de trabalho”, ou seja, a temperatura desejada no ambiente condicionado.

É possível observar na fala de Carlos que a zona do perfil conceitual de calor como energia aparece utilizada de modo híbrido com as outras zonas. No início da sua fala, o instrutor menciona o “corpo quente e corpo frio”, utilizando calor como sensação térmica. Ao mencionar que o corpo frio tende a absorver calor e o corpo quente tende a rejeitar calor, identificamos em sua fala um tratamento substancialista para o calor. E ao dizer que é necessário transferir essa temperatura, que é o calor, percebe-se que calor e temperatura estão sendo utilizados como sinônimos. Esse trecho de sua fala traz uma abordagem híbrida com as quatro zonas de perfil conceitual discutidas neste capítulo. Isso nos mostra que para a área de refrigeração os modos de falar de calor como sensação térmica, substância e temperatura, além de importantes para esses profissionais, os ajudam na construção do significado do conceito de calor, possuindo um valor pragmático.

Bruno, por sua vez, explica, durante sua entrevista, como a sensação térmica pode nos indicar o fluxo de calor:

Pesquisadora: Então / eu queria que você tentasse discutir um pouco pra mim qual que é essa relação que existe entre calor e frio / há diferença entre eles(?) o que que é calor o que que é frio (?)

Bruno: Não são só duas palavras / você quando você diz que está sentindo frio é porque você tá cedendo calor / tá certo (?) / e quando você está / imaginamos / sentindo calor você que tá absorvendo pra ti / então é simplesmente o inverso tá(?) / por exemplo você tem um ambiente com 15 graus / um banco / chega num banco qualquer desse lá desregulado está a 15 graus / você entra nesse ambiente / o que que vai acontecer(?)

Pesquisadora: Frio

Bruno: Está morrendo de frio porque(?) Você que está cedendo calor para o ambiente [...] Porque quando você / vamos imaginar / você toca numa barra de gelo por exemplo / o primeiro instante você diz / essa barra de gelo está fria

Pesquisadora: Sim

Bruno: Né(?) você associa isso aí à temperatura / no fundo se você for analisar e fazer uma análise mais crítica / você não consegue distinguir o que que é temperatura e o que que é calor

Pesquisadora: Sim

Bruno: Isso aí é uma confusão tremenda né(?) / é isso aí o que eu quero dizer / quando você fala essa barra de gelo está muito fria é porque você tá sentindo aquela sensação né(?) de transferência / sua mão tá transferindo energia térmica para a barra de gelo ok(?)

Pesquisadora: Sim

Bruno: Ou quando você / igual você citou aí agora da temperatura / por exemplo / você pega numa barra do metal ou numa chapa quente e queima a mão / opa espera aí / a temperatura aqui tá alta / Mas tá alta aqui por quê(?) Porque a temperatura aqui da sua mão é inferior aqui da chapa

Bruno consegue explicar a sensação térmica de calor e de frio a partir do fluxo de calor do corpo de maior temperatura para o de menor, utilizando tanto questões de sua atuação prática, como a sensação térmica do ar condicionado, com exemplos cotidianos de tocar o gelo e uma barra de metal aquecida. A resposta do nosso corpo a esses estímulos de quente e frio, na visão de Bruno, depende do fluxo de calor.

André, outro instrutor da refrigeração, utiliza um conceito termodinâmico para explicar a transferência de calor:

Pesquisadora: Sobre calor e temperatura / então a medida de calor como temperatura para área também é / trata-se como algo igual né(?)

André: Trata-se / trata-se porque se for tentar fazer o aluno enxergar realmente o / o conceito de calor sem utilizar temperatura é muito complexo pra ele então você tem que acompanhar junto com a temperatura

Pesquisadora: Entendi

André: É / às vezes quando você fala de calor sensível / de calor latente pra ele fica às vezes sem entender / é / bom / a temperatura é zero mais está líquido mas se você retirar mais calor vai continuar em zero e vai solidificar / como que isso acontece(?) Entendeu(?) Então assim às vezes fica um pouco meio na dúvida para o aluno / então é / ele entende ele ouve ele sabe que é daquela maneira / na maioria das vezes ele não compreende realmente / é / o que que tá acontecendo

Pesquisadora: Para onde que está indo essa energia né(?)

André: Para onde que está indo essa energia / está retirando e continua a temperatura igualzinha(?) Aí às vezes nesse momento você mostra para a pessoa que o calor é diferente da temperatura mas / assim / não tem como você abandonar a temperatura

Ao responder essa questão, André mostra qual a importância da distinção entre calor e temperatura para a refrigeração. Para entender por que durante o processo de mudança de estado físico a temperatura não se altera, mesmo a máquina estando trabalhando e retirando calor do material e do ambiente, o aluno precisa compreender a diferença entre calor sensível e calor latente, e a diferença entre calor e temperatura.

Durante uma aula de dimensionamento de um equipamento de ar condicionado, ao explicar como deve ser considerada a incidência de sol nas paredes externas, ele afirma:

André: Temperatura ambiente vai ser o que(?) / Vai ser de acordo com o tempo / entendeu(?) / então o problema maior é quando você tem incidência de sol / que o sol bate ali e tem uma penetração de calor mais do que onde não tem a incidência do sol / entendeu(?) O calor ele vai penetrar através da parede / Qual é a forma de transmitir calor(?) Não é de um corpo mais quente para um corpo mais frio(?) Então ou seja a tendência do ambiente é ganhar calor de fora / porque está como um corpo mais frio / entendeu(?) /

só que nas paredes internas você não tem a incidência do sol diretamente / então essa transmissão vai ser menor do que de uma parede que está diretamente com o sol nela / entendeu(?)

Mesmo utilizando um vocabulário mais técnico e comum à área de refrigeração, André considera o sentido único da transferência de calor, que ocorre do corpo de maior temperatura, nesse caso o meio externo, para um meio de menor, o ambiente refrigerado. O fluxo de calor para o cálculo da carga térmica também irá depender da incidência do sol.

Durante a, aula André explica:

André: A tendência aqui é o que(?) / Vamos imaginar / a transmissão de calor não é de um corpo quente para um corpo frio(?) / na verdade o frio não existe / mas vamos usar isso aqui / então se você tem dois ambientes condicionados tende a ter um equilíbrio térmico / se tem um equilíbrio térmico você não tem troca de calor entre eles / não tem / então você não tem transmissão de calor de um ambiente para o outro / entendeu(?) Então você só vai ter troca de um ambiente para o outro se aquele ambiente não for condicionado

Nesses trechos, é possível observar que predomina a utilização do conceito científico de calor ao explicar sobre o equilíbrio térmico entre os corpos e o sentido único de propagação do calor do corpo de maior temperatura para o de menor. Contudo, André, ao considerar que a troca de calor ocorre de um corpo “quente” para o corpo “frio”, implicitamente, considera a sensação térmica. É possível perceber que em seu discurso ele nega a existência do frio, embora continue se referindo a ele. Esse discurso ocorre de forma híbrida, mesclando as zonas do perfil conceitual de calor como energia e sensação térmica.

Todos esses modos de se referir ao calor aparecem para que o instrutor possa explicar a ideia de que o calor externo, em especial o advindo do sol, interfere no dimensionamento de um ambiente com ar condicionado. Os ganhos ou as perdas de calor devem ser considerados para se atingir a temperatura adequada ao ambiente. Mesmo em seu discurso técnico, o instrutor considera a ideia de fluxo de calor, admitindo que este ocorre sempre que não houver o equilíbrio térmico – Lei zero da termodinâmica.

5.4.1.1 O cálculo da carga térmica

Como apresentado em seções anteriores, o cálculo da carga térmica é um importante procedimento para que o técnico em refrigeração possa realizar o correto dimensionamento da máquina e fazer a escolha de um equipamento adequado. Segundo o manual de refrigeração comercial e industrial do SENAI:

O equipamento frigorífico tem por finalidade retirar calor de dentro da câmara, fazendo, assim, que a temperatura interna da mesma passe a ser inferior à externa.

Este calor se introduz de várias maneiras, citando as principais: transmissão de calor através das paredes da câmara, infiltração de ar quente do ambiente pelas portas abertas ou por ventilação forçada, radiação solar ou de outras fontes, produto entrando quente na câmara, luzes e resistências compensadoras e de degelo existentes na câmara, ocupantes e outras. (SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL, 2001).

Para executar o cálculo de carga térmica de uma determinada câmara frigorífica, é proposto no manual a divisão em 4 grupos: (1) carga de transmissão; (2) carga de infiltração; (3) carga de produto; e (4) outras cargas. O cálculo de cada um desses grupos é feito considerando-se uma série de parâmetros físico-químicos e por meio do preenchimento de um roteiro (ANEXO 1).

A carga de transmissão considera o fluxo de calor do meio externo à câmara frigorífica por meio das paredes do chão e do teto. Esse fluxo varia de acordo com o tipo de construção, a incidência solar, o tipo e a espessura do isolante térmico e a diferença de temperatura entre o ambiente externo e o interior da câmara.

A carga de infiltração considera qualquer ar externo que entra no espaço refrigerado pela câmara quando ocorre, por exemplo, a abertura das portas. O ar externo, ao penetrar a câmara, irá entrar em equilíbrio térmico com o ar no interior desta. Para isso, o ar vindo do ambiente externo terá que reduzir sua temperatura, que se encontra igual ao valor da temperatura ambiente, para atingir um valor inferior, igual à temperatura do interior da câmara. O ar externo, vindo do ambiente, também possui umidade superior ao ar interno. Essa umidade em excesso irá se condensar, e o calor latente de condensação também aumentará a carga térmica de refrigeração.

A carga de produto pode ocorrer por causa de um produto colocado no espaço refrigerado a uma temperatura maior que a do ambiente refrigerado, para

que sofra o processo de refrigeração e/ou congelamento. As cargas suplementares ou outras cargas correspondem aos demais ganhos de calor vindos de outras fontes e que devem ser incluídos na carga total. Devem ser consideradas outras cargas: luzes e resistências elétricas diretamente instaladas no espaço refrigerado e pessoas no interior da câmara, uma vez que transmitem calor e umidade.

A apostila do SENAI ainda fornece: (i) tabelas com parâmetros para execução dos cálculos com constantes, tais como as temperaturas de congelamento, as porcentagens de água e os valores de calor específico dos produtos ou as constantes de infiltração de ar de acordo com a temperatura interna e externa a câmara e a espessura da parede; (ii) fórmulas para o cálculo das quantidades de calor envolvidas no processo, com as respectivas unidades de medida; (iii) explicação detalhada sobre os grupos de carga térmica; (iii) exemplos de situações práticas envolvendo cálculos e dimensionamento das câmaras.

É possível observar que, embora durante a fala dos alunos e instrutores, a carga térmica apareça como um tratamento substancialista para o calor, no manual esse conceito apresenta todo um formalismo científico e matemático.

O instrutor Daniel, quando questionado sobre a carga térmica, responde:

Pesquisadora: Qual é essa relação entre calor e carga térmica(?)

Daniel: O que que é carga térmica(?) Você vai chegar aqui e calcular um aparelho para climatizar esse ambiente / o aparelho tem uma capacidade térmica ou seja em uma hora ele retira tantos BTUs por hora desse ambiente / o que que é esse ambiente(?) Uma sala de aula / então tenho o professor e tem 40 alunos / só isso(?) / não / eu tenho lâmpada fluorescente que tem reatores ali dentro / carga sensível / eu tenho uma janela que aqui está com sombra mas de manhã está com sol / a cortina pode ou não estar fechada / a janela pode ou não estar fechada entrando ar de infiltração que é sensível e latente / está vindo vapor d'água lá de fora e ar quente lá de fora

Pesquisadora: Sim

Daniel: Isso é carga térmica / isso é carga térmica / carga térmica são associações de diversos elementos dentro do ambiente cada um com sua capacidade térmica com sua quantidade de calor / Isso é carga térmica / Ah / então você vai calcular a carga térmica dessa carteira(?) Precisa fazer o cálculo do projeto dessa sala(?) Não / essa carteira você não usa carga térmica nela / isso aqui não tem vida então ela vai ficar em equilíbrio térmico com a temperatura que tá aqui dentro

Daniel exemplifica como é considerada a carga térmica para um equipamento de ar condicionado e quais fatores precisam ser levados em consideração para a escolha de uma máquina apropriada para um determinado ambiente. O cálculo da carga térmica de um ambiente deve levar em consideração diversos fatores, o que o

torna único para cada situação empregada, desde as dimensões da sala até a finalidade do uso. Daí a importância de realização dos cálculos para escolha de um equipamento apropriado.

5.4.2 Os bombeiros militares

Para os alunos do CFO, é bastante comum, quando solicitados a definirem o calor, utilizarem o conceito de calor associando-o à energia:

Mônica: Calor / de acordo com os estudos a gente acaba formando um conceito / é fluxo de energia mesmo de alguma coisa que está com a temperatura mais elevada e outro para a menos / então seria o fluxo de energia de corpos que predominam basicamente diferença de temperatura

Eduardo: Pra mim frio é baixa temperatura e quente é alta temperatura / o calor seria a transferência da energia então a partir do momento que um corpo está quente e outro está frio para / mim ocorre essa transferência na intenção dos dois manterem equilíbrio

É possível perceber que, mesmo definindo calor como energia, a definição de calor é diferente para os dois alunos. Mônica, além de definir calor a partir da diferença de temperatura entre os corpos, ainda determina o sentido único do fluxo de calor. Já Eduardo, além de utilizar o conceito de calor associado à sensação térmica de quente e frio, não determina explicitamente o sentido do fluxo do calor. Eduardo também menciona a “intenção” da transferência em atingir o equilíbrio térmico.

Contudo, todos os entrevistados mencionaram que o calor é o elemento, a substância ou a energia necessária ao início e à manutenção da combustão, conforme proposto no tetraedro ou no triângulo do fogo.

Os instrutores, oficiais Silva e Oliveira, apresentam definições de calor como sendo relacionadas à combustão:

Silva: O calor / falando profissionalmente / é um dos elementos essenciais do fogo sem o qual é impossível de acontecer a reação de combustão / para mim é a sensação térmica / além de ser esse conceito do triângulo do fogo / de ser um dos elementos essenciais / é uma denominação que utilizamos para ter uma percepção de alterações de temperatura / as alterações térmicas que os corpos manifestam

Oliveira: Quando a gente emprega o termo calor a gente usa mais como um produto da combustão / que é a energia liberada pela combustão

Eles apresentam definições de calor como sendo relacionadas à combustão. Silva não menciona calor como sendo energia, apenas sensação térmica, elemento essencial à combustão e responsável pela alteração da temperatura. Já Oliveira o apresenta como produto da combustão e como energia liberada nesse processo. O conceito do calor como algo vinculado ao fogo e ao incêndio é extremamente importante para o bombeiro.

Um conceito científico bastante utilizado pelo bombeiro para explicar a atuação durante o combate ao incêndio é a transferência de calor por radiação, por convecção e por condução:

Oliveira: Porque é aonde está a parte quente / Porque se eu abrir a parte baixa / pelo efeito de convecção e condução / pelo efeito da convecção / o que vai entrar pela parte de baixo(?) Ar fresco / Vai alimentar o incêndio / Então na convecção tudo que é quente sobe e o frio desce / Usando esse princípio a gente abre primeiro em cima / para que esse gás ou combustível saia

Como apresentado nas seções anteriores, o instrutor Oliveira explica como são utilizadas as correntes de convecção durante o combate ao incêndio e como o resfriamento por água atua nesse processo, impedido a condução e a irradiação do calor.

5.4.2.1 Tetraedro ou triângulo do fogo

Uma importante explicação utilizada pelo bombeiro para o estudo e a compreensão do fogo é o triângulo do fogo ou, mais modernamente, o tetraedro do fogo. Essa teoria é algo consistente e difundido pelos bombeiros. A imagem abaixo ilustra o triângulo do fogo:

Figura 5 – Representação do triângulo do fogo



Fonte: WIKIPEDIA

Os elementos necessários para que haja fogo são: (i) o combustível; (ii) o oxigênio; (iii) e o calor. A combinação desses três elementos recebe o nome de Triângulo do Fogo. O combustível é o elemento que alimenta o fogo e auxilia na sua propagação, sendo que pode ser um sólido, um líquido ou um gás. O oxigênio, também chamado de comburente, é o elemento que possibilita a intensificação das chamas e da combustão. Portanto, em ambientes pobres em oxigênio, o fogo não tem chamas e, nos ambientes ricos em oxigênio, as chamas são intensas, brilhantes e com elevada temperatura. Contudo, o início do fogo se dá através de uma fonte de calor, através dele o fogo se propaga pelo combustível. Para que o fogo se mantenha, é necessário que os elementos presentes no triângulo do fogo mantenham a reação em cadeia, que gera mais calor. Esse processo, que inclui a reação em cadeia, é chamado tetraedro do fogo (MCILC, 2006).

É possível perceber que as explicações do tetraedro e do triângulo do fogo possuem um valor pragmático para essa comunidade, sendo utilizadas profissionalmente para o combate a incêndios. Essa comunidade se apropria, a seu modo, do discurso científico das reações de combustão e propõe o calor como um elemento essencial ao seu início e à manutenção da reação de combustão. Se o calor, enquanto sensação térmica ou temperatura elevada, nos parece ser um fator essencial a ser trabalhado pelos bombeiros no combate aos incêndios, a sua utilização na construção de um discurso acadêmico na explicação do tetraedro do fogo nos parece problemática do ponto de vista científico.

Silva explica, durante a entrevista, o papel do calor na combustão:

Silva: Calor é o elemento que vai possibilitar a ocorrência do fenômeno da combustão / Então quanto maior o calor maior a possibilidade da ocorrência da combustão

Pesquisadora: Então uma visão interessante que eu vi tanto no questionário como nas aulas / aqui 62 por cento disseram que a combustão libera ou produz calor / E outros 40 por cento que a combustão necessita do calor para iniciar / Então como é essa percepção do calor(?) ele é essencial ou ele é produzido(?) Sabe (?) não sei se o senhor entendeu

Silva: Entendi / Entendi sim / É eles são duas reações / duas situações / Ele é tanto endotérmico como exotérmico / Então um corpo para entrar em combustão ele precisa adquirir calor / porque esse calor que vai aumentar a temperatura dele / que vai desprender os vapores e esse mesmo calor ou outra fonte que vai ser o agente químico que vai possibilitar o aparecimento da reação de combustão / E essa reação se sustentando / essa queima ela vai produzir chamas / luz e vai continuar produzindo calor / Não necessariamente vai ficar dependente daquela fonte inicial / Porque após iniciado o processo / isso que é chamado reação em cadeia / ele não

precisa mais da fonte inicial / ele dá continuidade ao próprio processo / Ele se autoalimenta

Pesquisadora: Então na perspectiva do bombeiro a ignição é o próprio calor(?) Por isso é colocado como algo inicial para o incêndio (?)

Silva: Sim

É possível perceber que, na visão do bombeiro, a reação de combustão é, ao mesmo tempo, considerada endotérmica e exotérmica. Endotérmica à medida que a energia é necessária para iniciar o processo. E como a combustão é um processo exotérmico, a energia para continuar o processo é produzida durante a combustão.

Mônica também explica a relação entre calor e combustão:

Pesquisadora: Certo / e qual que seria a relação entre calor e combustão(?)

Mônica: Eu acho que o calor é o produto da combustão / que em uma combustão pelo que a gente sabe ela libera CO₂ e água às vezes libera calor e na combustão pra ela acontecer ela precisa de ter o calor que é aquele agente

Pesquisadora: E como que é essa percepção para o bombeiro de precisar ter calor para iniciar a combustão(?) Porque antes de vir para cá o calor para mim era produto da combustão e para vocês o calor é o produto mas também é o agente

Mônica: Na maioria das vezes quando a gente atua o calor já está instaurado porque já tem o incêndio / mas a gente também que tem o calor / que é esse que é o que a gente fala de agente ígneo / não acontece porque se você retirar se você resfriar o lugar ainda que esteja em todas as condições favoráveis para ocorrer o incêndio não tem que / é / quando você coloca uma chama você está em um ambiente muito fechado / está exposto ao sol ele está com muito vapor / então o calor para a gente atua como reagente e como produto nas duas etapas do incêndio

É possível perceber que Mônica compartilha do discurso de que calor é reagente e produto do incêndio, tal como propõe o tetraedro do fogo. Essa visão utiliza os conceitos de calor como energia presente no processo, calor como temperatura elevada e calor como substância.

5.4.3 A utilização da zona do perfil conceitual de calor como energia nas comunidades

No quadro a seguir, apresentamos uma síntese da utilização da concepção de calor como energia nas comunidades pesquisadas, a partir da análise dos dados:

Quadro 18 – Síntese da utilização do calor como energia pelas comunidades

	Técnicos em refrigeração	Bombeiros militares
Contexto(s) de uso	1. Calcular a carga térmica 2. Avaliar o funcionamento da máquina térmica. 3. Compreender a não variação da temperatura durante a mudança de estado físico.	Compreender o processo de combustão: 1. Papel do calor no processo. 2. Formas de transmissão do calor.
Justificativa(s)	1. Considerar as diferentes formas de “entrada de calor” nos ambientes a serem condicionados. 2. Compreender as diferenças entre calor latente e calor sensível.	1. Considerar o calor como elemento essencial ao início e manutenção da combustão. 2. Avaliar as formas de transmissão do calor.
Modos de falar	Trocas de calor, equilíbrio térmico, carga térmica, correntes de convecção	Equilíbrio térmico, correntes de convecção, combustão, troca de calor

Fonte: Elaborado pela autora

Apresentamos anteriormente a utilização de carga térmica, pelos técnicos em refrigeração, e calor como um “elemento” essencial ao início da combustão, pelos bombeiros, como uma forma de uso da zona do perfil conceitual de calor como substância por essas comunidades. Esses usos possuem um valor pragmático para essas comunidades e os conceitos substancialistas facilitam a operacionalização desses conceitos. Contudo, a utilização do calor como energia também é importante para a comunidade dos técnicos em refrigeração.

Para os técnicos em refrigeração, o cálculo da carga térmica exige uma reflexão sobre o fluxo de energia no ambiente e as fontes de calor a serem consideradas para estimar a eficiência da máquina térmica. Também é extremamente importante considerar as diferenças de temperatura interna e externa, a temperatura de trabalho do motor da máquina, a ventilação externa, a incidência de sol, dentre outros fatores, para avaliar a troca de calor realizada pela máquina nos ambientes internos e externos. Essa avaliação garante o correto funcionamento da máquina e, conseqüentemente, do processo de refrigeração.

Os técnicos em refrigeração utilizam, além das zonas do perfil conceitual de calor como sensação térmica, temperatura e substância, calor como energia. Em diversos momentos da entrevista dos instrutores, foi possível perceber o calor sendo tratado como um fluxo de energia, que ocorre a partir do corpo de maior temperatura para o de menor, com sentido único para esse fluxo. Além disso, o conceito de

equilíbrio térmico está sempre presente. Ainda que em alguns momentos esse discurso apareça hibridizado com discursos pertencentes a outras zonas do perfil conceitual de calor, essencialmente há consciência disso.

Outra situação em que os instrutores, obrigatoriamente, apresentam calor como energia, é para explicar o processo de mudança de estado físico. Nesse contexto, eles utilizam os conceitos de calor sensível e calor latente. Calor sensível é aquele que provoca variação na temperatura do corpo, sem que aconteça mudança no seu estado de agregação, ou seja, se o corpo é sólido, continua sólido e o mesmo acontece com os estados líquido e gasoso. Já o calor latente, diferentemente do calor sensível, ocorre quando variamos o fluxo de calor de uma substância e sua temperatura não varia, mas seu estado de agregação se modifica. Entender a diferença entre calor sensível e calor latente explica por que a câmara frigorífica continua trabalhando e retirando calor do produto, embora sua temperatura não se modifique. Para compreender o processo de congelamento de um produto, por exemplo, a utilização do calor como sinônimo de temperatura não é válido, uma vez que a máquina térmica continua retirando calor do produto, mas a temperatura não varia.

Já para os bombeiros militares, a zona do perfil conceitual de calor como energia, tal como proposto pela ciência, não é utilizada em situações práticas de combate aos incêndios. Embora utilizem os princípios de transmissão de calor – condução, convecção e irradiação –, isolantes térmicos e equilíbrio térmico durante o processo de combate ao incêndio, não parece ser necessário a essa comunidade pensar no calor como energia. Os bombeiros necessitam “retirar o calor” do local incendiado para impedir a propagação do incêndio. Nesse contexto, eles utilizam calor como sensação térmica, temperatura alta e substância. Utilizam ainda a concepção da chama e de calor como sendo algo vivo e com vontade própria, como apresentado anteriormente. Nesse sentido, o resfriamento e as correntes de convecção são úteis para “retirada do calor” e para que se restabeleça o equilíbrio térmico com o ambiente. Contudo, esses processos de “retirada do calor” nos quais atuam os bombeiros não utilizam máquinas térmicas, tampouco necessitam que seja feita uma estimativa da quantidade de calor que deverá ser retirada do local, tal como é feito pelos técnicos em refrigeração. O calor é usado como energia apenas no momento de defini-lo, fora de um contexto de uso.

Assim, mesmo tendo os bombeiros militares, de maneira geral, um nível de escolaridade superior aos técnicos em refrigeração e mesmo que tenhamos acompanhado bombeiros fazendo um curso superior, não observamos a utilização do conceito de calor como energia, a não ser em situações em que pedíamos explicitamente a definição de calor.

É possível perceber que a zona do perfil conceitual de calor como energia é utilizada com clareza apenas quando as demais, sensação térmica, temperatura ou substância, não são eficientes para a solução do problema enfrentado pelas comunidades. Acreditamos que isso se deve ao fato de o tratamento do calor como energia ser abstrato, o que não possibilita, assim como as outras zonas, uma estimativa direta e observável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, procuramos discutir a importância que determinados significados do conceito de calor, construídos culturalmente e validados por uma determinada comunidade, constroem, tornando-se úteis e necessários para a atuação de técnicos em refrigeração e bombeiros militares, profissionais que trabalham diretamente com um perfil desse conceito durante o exercício profissional. Essas comunidades atribuem ao conceito de calor significados diferentes da ciência, mas que são bastante importantes para interpretar e operacionalizar determinadas situações em seus ambientes de trabalho. Paralelamente ao conceito científico de calor como transferência de energia, também são estabilizados outros significados, que podem ou não ser comuns às comunidades.

Foi possível identificar diversos significados sendo atribuídos ao conceito de calor pelos profissionais investigados, sendo estes apresentados ao longo da discussão dos dados, nos capítulos 3, 4 e 5. Alguns deles, além de comum às duas comunidades, dialogam com as zonas do perfil conceitual de calor propostas na literatura e com a evolução histórica do conceito de calor. Dentre elas, podemos destacar: (i) *Calor e frio diretamente associados à sensação térmica*. A perspectiva de avaliar a quantidade de calor de um determinado ambiente a partir percepção da temperatura ambiente, julgando como frio o local que está abaixo de uma determinada temperatura tida como padrão, e quente aquele que está acima, é utilizada por ambas as comunidades. (ii) *Calor diretamente associado às altas temperaturas e frio às baixas*. Nas comunidades, foi possível observar a utilização, em diversos momentos, da relação “quanto maior a temperatura, maior o calor”. (iii) *Calor como algo que pode ser transportado de um local para outro ou armazenado, ou em um raciocínio semelhante, o frio com essas mesmas características*. (iv) *Calor como a própria carga térmica de um ambiente* ou (v) *calor como elemento essencial à combustão*. Vários foram os conceitos de calor utilizados nas comunidades apresentadas, conceitos estes que dialogam com as zonas do perfil conceitual propostas.

Para realização e sistematização deste estudo, partimos das zonas do perfil conceitual de calor propostas por Amaral e Mortimer (2001): (i) realista; (ii) animista; (iii) substancialista; (iv) empírica; e (v) racionalista. É uma questão que nos pareceu

importante a ser perseguida foi: essas zonas são confirmadas? Inicialmente, essas zonas foram renomeadas para: (i) calor como sensações térmicas; (ii) calor animista; (iii) calor como substância; (iv) calor como temperatura elevada; e (v) calor como energia. Amaral e Mortimer denominaram essas zonas de acordo com a epistemologia bachelardiana, em que buscavam demonstrar os compromissos epistemológicos e ontológicos de cada uma das zonas. Acreditamos que a nova nomenclatura que criamos continua a demonstrar esses compromissos sem vinculá-los a Bachelard e a sua filosofia racionalista. Além disso, essas novas formas de definir as zonas estão relacionadas de um modo mais imediato aos conceitos de calor e frio utilizados pelas comunidades.

Mantivemos as cinco zonas do perfil por acreditar que elas dialogam com os significados de calor utilizados nas comunidades e com a construção histórica desse conceito. Mas que zonas de um perfil conceitual de calor são privilegiadas por cada uma dessas comunidades? Quais zonas do perfil conceitual de calor eles utilizam? Em que contextos cada uma dessas zonas é mais utilizada? Apresentamos a seguir uma síntese dos principais conceitos associados a cada uma das zonas, bem como seu contexto de uso nas comunidades.

Das zonas propostas, a única que não teve uma utilização expressiva na comunidade dos técnicos em refrigeração foi *(ii) calor animista*. Calor com propriedades anímicas foi utilizado apenas pelos bombeiros militares. A utilização do calor como algo vivo parece estar relacionada à personificação do calor como chama, como fogo. É uma utilização metafórica que tem como principal função mostrar a ação das chamas em um incêndio. Por essa razão, essa zona parece não ter uma utilização significativa para explicar os processos nos quais estão envolvidos os técnicos em refrigeração.

A utilização da zona do perfil *(i) calor como sensação térmica* é importante para ambas as comunidades. Os técnicos em refrigeração a utilizam nas atividades práticas para avaliar o conforto térmico de um ambiente e/ou o bom funcionamento de refrigeradores, câmaras frigoríficas e equipamentos de ar condicionado; os bombeiros militares, para avaliar os riscos da aproximação ou permanência em um local incendiado ou da ocorrência de incêndios generalizados ou explosões nesse local. É possível perceber que a utilização da sensação térmica por esses profissionais vai além da percepção imediata e cotidiana de sensação térmica

utilizada por pessoas comuns, estendendo-se a especificidades das comunidades. Um leigo não terá a mesma habilidade desses profissionais para avaliar o funcionamento adequado de uma geladeira ou o risco de explosão em um incêndio. Esses profissionais treinam essa habilidade para além da simples avaliação de algo como sendo quente ou frio, o que faz disso algo útil ao exercício profissional.

A zona do perfil conceitual (iii) *calor como substância* também é usada por ambas as comunidades, ainda que em contextos diferenciados. Os técnicos em refrigeração a utilizam para avaliar questões relacionadas a produzir e armazenar o frio, impedir a entrada do calor em um local refrigerado ou mesmo transportar o calor de um ambiente para outro, utilizando o conceito de carga térmica. A partir disso, uma máquina térmica é responsável por transportar esse calor de um ambiente interno para o externo. Já isolantes térmicos, nessa perspectiva, impedem a saída do frio, aprisionando-o em um local condicionado. Para esses técnicos, o frio é a substância a ser mantida, e o isolamento térmico é o principal procedimento utilizado para impedir a entrada do calor ou a saída do frio. Já os bombeiros militares trabalham com a ideia do calor também como algo que precisa ser retirado do ambiente, mas por diferente razão. Nessa perspectiva, o calor é um elemento essencial à ocorrência da combustão e como tal precisa ser retirado daquele ambiente.

O tratamento do calor e do frio como substâncias para essas comunidades é importante para torná-los algo “real”, “palpável”. Dessa forma, eles conseguem operacionalizar e atingir os objetivos específicos de cada um: “produzir o frio” e “combater o calor”. Assim sendo, o tratamento de calor como uma substância presente nos corpos, sendo capaz de lhe conferir propriedades de ser quente ou frio, é importante para a utilização nos processos em que trabalham essas comunidades. Esse tratamento dado ao calor torna-o algo possível de ser retirado de um ambiente e transportado para outro. Essa utilização é feita de forma consciente e considerada como sendo útil no exercício profissional pela maioria desses sujeitos investigados.

Outro tratamento importante para ambas as comunidades é dado pela zona (iv) *calor como temperatura elevada*. Para os bombeiros, calor é o responsável pelo aumento da temperatura do ambiente e, conseqüentemente, pela manutenção e propagação do incêndio. Para os técnicos em refrigeração, além de o calor ser responsável pelo aumento da temperatura de um ambiente refrigerado, ele é muitas

vezes tratado como sendo sinônimo de temperatura. Para esses técnicos, a utilização do calor como temperatura se deve ao fato de trabalharem com a “troca de calor” de um ambiente interno para o externo, quando da climatização ou refrigeração desse ambiente. Assim sendo, necessitam “trocar a temperatura” entre esses ambientes, diminuindo a temperatura do meio interno e, conseqüentemente, aumentando a do externo. A importância da utilização dessa zona do perfil de calor e frio como sendo temperaturas alta e baixa se deve ao fato de as temperaturas inicial e final do ambiente ou do equipamento de refrigeração poderem, diferentemente do calor, ser observadas e tomadas como evidência para o êxito do processo de refrigeração. Já para os bombeiros militares, isso se deve ao fato de necessitarem avaliar, geralmente sensorialmente, o aumento da temperatura em um local de incêndio. O acúmulo do calor produzido na combustão, além de danos ao organismo humano, faz com que o incêndio não possa ser controlado, daí a necessidade de “combater o calor” e controlar o aumento da temperatura. Enquanto os técnicos em refrigeração, por diversas vezes, utilizaram calor como sinônimo de temperatura, os bombeiros utilizaram a relação direta “quanto maior a temperatura, mais calor”.

Embora essas três zonas (i, iii e iv) tenham um uso bastante expressivo e importante nas duas comunidades, foi possível observar que, enquanto para a comunidade de bombeiros militares é mais utilizada a zona de calor como sensação térmica, para a comunidade de técnicos em refrigeração, estabiliza-se o conceito de calor como temperatura elevada. Acreditamos que essa diferença no uso do conceito se deve ao fato de que os bombeiros militares, quando fazem o “estudo de situação” em uma ocorrência de incêndio, utilizam a percepção visual e sensorial para avaliar as chances reais de aumento ou manutenção de um incêndio. Nessa avaliação, geralmente, não são feitas medições de temperatura, apenas uma avaliação sensorial. Já para os técnicos em refrigeração, a evidência empírica da “troca de calor” pelo equipamento de refrigeração é dada pela variação da temperatura medida nos ambientes internos e externos. A utilização do calor como uma substância que pode ser retirada de um local e transportada para outro é utilizada pelas duas comunidades. Contudo, enquanto os bombeiros militares utilizam apenas o calor como uma substância, os técnicos em refrigeração utilizam o calor e o frio como substâncias e, em alguns casos, como substâncias diferentes.

Esses profissionais, além de se empenharem em produzir e armazenar o frio, também se preocupam em impedir a entrada do calor do ambiente externo para o interno.

A zona do perfil *(v) calor como energia* é também utilizada em alguns momentos. Foi possível observar que essa zona, por ser mais abstrata e de mais difícil utilização, é usada apenas quando as demais não dão conta do enfrentamento do problema em questão. Essa zona é utilizada pelos técnicos em refrigeração para compreender os processos de mudança de estado físico dos produtos na câmara frigorífica. Durante o processo de congelamento, a temperatura dos produtos não varia, mas a energia e a troca de calor envolvidas no processo sim. Dessa forma, é necessário considerar a energia envolvida durante o cálculo da carga térmica.

Para os bombeiros militares, o tratamento do calor como elemento essencial à combustão, além de uma formulação teórica sistemática do seu conhecimento acadêmico, envolve a explicação do incêndio como um processo que, em um primeiro momento, absorve energia para iniciar e, durante a evolução, libera a energia para se autossustentar, visão não defendida pelo conhecimento científico. Foi possível observar um uso menos expressivo dessa zona para os bombeiros militares do que para os técnicos em refrigeração. Embora os bombeiros militares tenham, de maneira geral, maior escolarização e definam, quando solicitados, calor como energia em trânsito, durante sua atuação profissional, o uso de zonas relacionadas a sensações térmicas, temperatura elevada e substância dá conta de resolver os problemas nos quais estão envolvidos: o combate ao incêndio. Já para os técnicos em refrigeração, que necessitam avaliar o funcionamento da máquina térmica, questões relacionadas ao fluxo de calor e à transferência de energia entre o ambiente interno e externo ou o equilíbrio térmico são importantes.

Além de algumas particularidades já apontadas para as diferenças do uso das zonas do perfil conceitual de calor, podemos destacar uma forma particular de uso do conceito de calor durante a atuação prática em cada comunidade: *(i) Calor como carga térmica*, para os técnicos em refrigeração e *(ii) calor como elemento essencial para o fogo*, para os bombeiros militares. Esses tratamentos ocorrem de forma híbrida, acessando as zonas do calor como substância – por tratar o calor como um fluido que pode penetrar outros corpos e ser transportado de um local para outro – e

como energia – ao considerar as correntes de convecção e os transportes das massas de ar.

A partir das considerações apresentadas, podemos afirmar que essas comunidades utilizam outras zonas do perfil conceitual, diferentes de calor como energia, e que essas zonas possuem um valor pragmático e são úteis às finalidades a que se destinam e podem ser utilizadas nos contextos tecnológico e profissional. As zonas (i), (iii) e (iv) são importantes para ambas as comunidades e a zona (ii), apenas para os bombeiros militares. A categorização dos dados nos levou a perceber que, para essas comunidades, a utilização de diferentes zonas do perfil conceitual deve-se à coexistência de formas diferenciadas de pensar e significar um conceito e à ideia de que essas formas apresentam valor pragmático para lidar com problemas diferentes, dando sentido às suas práticas profissionais. (SEPÚLVEDA, 2010).

Podemos destacar também que, dentro da própria comunidade, há divergências quanto à apropriação e tomada de consciência da conceituação de calor e frio. Enquanto alguns instrutores têm consciência dessa utilização de calor como temperatura ou como substância, outros não têm consciência desse uso, embora isso não impeça que eles usem esses conceitos como idênticos em seu discurso, na entrevista ou na aula. Os alunos que nunca atuaram profissionalmente na comunidade apresentaram maiores dificuldades na apropriação e uso da linguagem situada, o que demonstra que a atuação na prática é essencial para que os sujeitos se apropriem dos modos de falar e pensar os diversos conceitos de calor.

Acreditamos que com a realização deste trabalho foi possível discutir como as comunidades socioculturalmente situadas de técnicos em refrigeração e bombeiros militares utilizam o perfil conceitual de calor, nosso objetivo central.

Quanto ao refinamento das zonas do perfil conceitual de calor proposto por Amaral e Mortimer, algumas ações importantes também foram realizadas.

Foi possível observar que muitos enunciados ocorrem como construções híbridas. O enunciado pode pertencer a um único falante, mas nele podem estar fundidos dois ou mais modos de falar, duas ou mais “linguagens”. No seus discursos, os técnicos em refrigeração e os bombeiros militares usam enunciados em que se referem ao conceito de calor ou frio acessando mais de uma zona do

perfil conceitual de calor. Até o presente momento, ainda não haviam sido investigadas as construções híbridas.

Outra consideração importante deve-se à investigação dos usos de um perfil conceitual para além dos âmbitos acadêmico e escolar. Esta pesquisa evidencia que os usos não científicos para o conceito de calor não podem ser tomados como alternativos, no sentido de interferirem no aprendizado do conceito escolar. Também não podem simplesmente ser considerados como precursores das ideias científicas. As zonas do conceito de calor como sensação térmica, como temperatura elevada e como substância mostraram-se úteis para a utilização durante o exercício profissional dessas comunidades.

Outra ação importante por nós realizada foi a redefinição das zonas do perfil conceitual de calor. Buscamos, como já apresentado anteriormente, renomear as zonas propostas na literatura e defini-las com outras palavras. Na proposta de Vigotski (2001), a produção de conhecimento sobre o mundo é um processo mediado pelo outro e pela linguagem. Uma das preocupações ao discutir a formação de conceitos é sobre o papel mediador do outro e da palavra. A formação de um conceito é guiada pelos significados atribuídos a uma palavra. Portanto, ao renomear uma zona do perfil conceitual de calor, também estamos redefinindo-a.

Ao renomear a *zona realista para o calor*, por exemplo, como *zona de calor como sensação térmica*, embora tenhamos mantido os compromissos epistemológicos e ontológicos propostos por Amaral e Mortimer para essa zona, acreditamos ter promovido diferenças significativas no perfil conceitual de calor: (i) Rompe-se com a proposta bachelardiana de realismo ingênuo. Nessa perspectiva, para a zona realista do perfil conceitual, acredita-se que o sujeito conceitua o calor a partir das sensações térmicas, pois as percebe diretamente, de forma acrítica, a partir da observação do mundo e da utilização de conceitos cotidianos. Nos resultados deste trabalho, o conceito de calor como sensação térmica não é algo ingênuo, mas uma prática consciente utilizada pelas comunidades no exercício profissional. (ii) Simplifica-se a nomenclatura das zonas de perfil conceitual propostas para o calor, facilitando sua utilização como uma ferramenta de análise em outras pesquisas. A conceituação da expressão *zona de calor como sensação térmica* para um professor de ciências é imediata. Já o significado de *zona realista*

para o calor não o é, sendo necessário conhecer as proposições do realismo ingênuo de Bachelard para construção desse conceito.

As pesquisas sobre perfis conceituais têm se mostrado úteis para a Educação em Ciências, pois auxiliam na proposição de um processo de ensino e aprendizagem voltado para a valorização da diversidade de zonas que podem ser atribuídas a um conceito. Dessa maneira, esse modelo propicia a construção de uma maneira de entender o ensino e a aprendizagem das ciências que os tornam mais sensíveis à diversidade cultural e mais factíveis, na medida em que não tomamos como objetivo deslocar ou substituir visões que são reforçadas a cada momento por nossa linguagem cotidiana (MORTIMER et al., 2012).

Este trabalho foi além desse uso de conceitos na nossa linguagem cotidiana, pois mostrou que comunidades situadas usam esses conceitos para resolver problemas profissionais. Isso, em si, constitui um problema para o ensino de ciências, preocupado em ensinar simplesmente os conceitos científicos. Mas para os técnicos em refrigeração e bombeiros militares e, acreditamos, para várias outras comunidades de prática, inúmeros conceitos vão carregar essa utilização pragmática, em que conceitos científicos são vinculados à atuação profissional. Dessa maneira, este trabalho abre um novo campo de investigação no programa de pesquisa sobre perfis conceituais e nos leva a refletir mais profundamente sobre o que se deve ensinar nas aulas de ciências. Além disso, há que se explorar como essas comunidades usam a dimensão axiológica desses conceitos, algo que foi recentemente introduzido no programa de pesquisa em perfis conceituais (MATTOS, *in press*) e que merece a atenção nesse tipo de pesquisa com comunidades situadas.

Acreditamos que o trabalho aqui desenvolvido colabora para as pesquisas no âmbito dos perfis conceituais na medida em que, além de mostrar o valor pragmático de conceitos não científicos, evidencia a necessidade de se pesquisar a utilização do perfil conceitual em outros contextos de aplicação, para além do ambiente escolar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR JR, O. Calor e temperatura no Ensino Fundamental: relações entre o ensino ea aprendizagem numa perspectiva construtivista. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 1, p. 73-90, 1999.

AGUIAR JR, Orlando. Modelo de ensino para mudanças cognitivas: um instrumento para o planejamento de ensino e a avaliação da aprendizagem em Ciências. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação. 2001.

AMARAL, E. M. R; MORTIMER, E. F. Uma proposta de perfil conceitual para o conceito de calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 3, p. 5-18, 2001.

AMARAL, E. M. R; MORTIMER, E. F. *Un perfil conceptual para entropía y espontaneidad: una caracterización de las formas de pensar y hablar en el aula de Química. Educación química*, v. 15, n. 03, p. 01-75, 2004.

AMARAL, Edenia Maria Ribeiro do. Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada as transformações químicas: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de Química do Ensino Médio. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação. 2004.

ARAÚJO, Angélica Oliveira de. O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de química. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação. 2008.

BACHELARD, G. *Psicanálise do fogo*. Trad. Paulo Neves. Madrid: Ediciones Castilla, 1966.

BAKHTIN, M. M. *Questões de literatura e de estética (A teoria do romance)*. 4ª ed. São Paulo: Editora Umesp, 1998.

BAKHTIN, M. M. Trad. Maria Ermantina Galvão. *Estética da criação verbal*. 3ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

BASSALO, J. M. F. A crônica do Calor: Calorimetria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 14, n. 1, p. 29-38, 1992.

BOLZANI JÚNIOR, G. M.; SOUSA, M. S. L.; NASCIMENTO, D. E. De administrador a gestor do conhecimento: a comunidade de prática desenvolvendo o profissional, a organização e a comunidade. *Revista Eletrônica de Ciência Administrativa*, v. 1, n. 1, p. 10, 2002.

BRONCKART, J. P. *Atividade de linguagem, textos e discursos*. Editora da PUC-SP, 1999.

- BRUNER, J. A. *Atos de Significação*. Porto Alegre: Artmed Editora, 1997.
- BRUNER, J. A. *Cultura da Educação*. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.
- CARRIÃO, A. A aquisição do conceito de função: perfil das imagens produzidas pelos alunos. In: *Anais do II Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática*, 1998, Rio Claro. pp. 99-103, 1998.
- CASTRO, Ruth Schmitz. História e epistemologia da ciência: investigando suas contribuições num curso de física de segundo grau. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo – Faculdade de Educação. 1993.
- COUTINHO, Francisco Angelo. *A construção de um perfil conceitual de vida*. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação. 2005.
- COUTINHO, F. Â. ; MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. . Construção de um Perfil para o Conceito Biológico de Vida. *Investigações em Ensino de Ciências* (Online), v. 12, p. 115-137, 2007.
- DRUZIAN, A.; RADÉ, T.; SANTOS, R. P. dos. Uma proposta de perfil conceitual para os conceitos de luz e visão. in: *Atas do VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências - Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências - ABRAPEC*, 2007.
- EL-HANI, C. N., & MORTIMER, E. F. Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. *Cultural Studies of Science Education*, 2, 657-702. 2007.
- GOMES, L. C. A ascensão e queda da teoria do calórico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 1030-1073, 2012.
- GUABIRABA, S. C. S. *Formação do conceito de fração numa perspectiva histórico-crítica do ponto de vista Psicogenético Piagetiano*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2008.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; MORTIMER, E. F.; SILVA A. C. T.; DÍAZ, J. *Epistemic Practices: na analytical framework for science classrooms*. Paper presented to AERA, New York City, 2008.
- KAHAN, S. Etienne Wenger on communities of practice: Engagement, identity & innovation. *The Journal of Association Leadership*, v. 2, n. 3, p. 31, 2004.
- KELLY, G. J. Inquiry, Activity, and Epistemic Practice. Paper apresentado na *Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda*. New Brunswick, NJ, 2005.
- LAIDLER, K. J. *The World of Physical Chemistry*. New York: Oxford University Press Inc., 1993.

LAVE, J.; WENGER, E. *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press, 1991/2011.

MALINOWSKI, B. Objeto, método e alcance desta pesquisa. (trad. bras. Argonautas do Pacífico Ocidental, São Paulo: Abril Cultural, 1976). Capítulo presente em: *Desvendando máscaras sociais*. GUIMARÃES, Alba Zaluar. 1990.

MANUAL DE ATIVIDADES DE BOMBEIRO (MABOM), Polícia Militar do Estado de Minas Gerais, 1985.

MANUAL DE COMBATE A INCÊNDIO EM LOCAL CONFINADO (MCILC), Polícia Militar do Estado de São Paulo, 2006.

MARIANI, M. C.; OGBORN, Jon. Towards an ontology of common-sense reasoning. *International journal of science education*, v. 13, n. 1, p. 69-85, 1991.

MATTOS, C. L. G. *A abordagem etnográfica na investigação científica*, UERJ, 2001. disponível em: <www.admead.ufla.br/moodle/file.../MATOS-Etnografia2001.pdf>. acesso em 19/12/2010.

MATTOS, C. R. Conceptual profile as a Model of a Complex World. In: Eduardo F. Mortimer and Charbel N. El-Hani (Eds.) *Conceptual Profiles: a theory of teaching and learning scientific concepts*. Dordrecht: Springer, *in press*.

MEAD, M.. “Como escreve um antropólogo”. *Macho e Fêmea. Um estudo dos sexos num mundo em transformação*, Trad. Margarida Maria Moura, Vozes, 1971.

MICHINEL, J. L.; ALMEIDA, M. J. P. M. *O Funcionamento da Leitura de Textos Divergentes Referentes a Energia: Perfil conceitual de Estudantes de Física*. In: VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2000, Florianópolis - SC. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física - SBF, 2000.

MORTIMER, Eduardo Fleury. *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo – Faculdade de Educação. 1994.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, vol. 4, n. 3, p. 265-287, 1995.

MORTIMER, E. F. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. *Química nova*, v. 20, n. 2, p. 200-207, 1997.

MORTIMER, E. F. Sobre chamas e cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o ensino de ciências. In: CHASSOT, A.; OLIVEIRA, Renato José de. (Org.) *Ciência, ética e cultura na educação*. São Leopoldo: Unisinos, p. 99-118, 1998.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. *Química Nova na Escola*, v. 7, p. 34, 1998.

MORTIMER, E. F.; AMARAL, L. O. F. A conceptual profile for molecule and molecular structure In: *Ars Mutandi: Issues in Philosophy and History of Chemistry*. 1 ed. Leipzig: Leipziger Universitäts Verlag, v. único, p. 89-101, 1999.

MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead, UK: Open University Press, 2003.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H.; EL-HANI, C.N. The Heterogeneity of Discourse in Science Classrooms: The Conceptual Profile Approach. In: Barry J. Fraser; Kenneth G. Tobin; Campbell J. McRobbie. (Org.). *Second International Handbook of Science Education*. 1ed. Dordrecht: Springer, v. 1, p. 231-246, 2012.

NICOLLI, Aline Andréia. *Perfil conceitual de morte e a abordagem pedagógica do ciclo de vida, no ensino de ciências*. Tese de doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação. 2009.

OLIVEIRA, G. A.; SOUSA, C. R.; DA POIAN, A. T.; LUZ, M. R. M. P. Students' misconceptions on Energy Yielding Metabolism: Glucose as the sole metabolic fuel. *Advances in Physiology Education*, Bethesda, MD, v. 27, n. 9, pp. 97-101, 2003.

RADÉ, T. *O Conceito de Força na Física – Evolução histórica, perfil conceitual e mudança ontológica*, 2005. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Luterana do Brasil, Canoas, 2005.

ROLLER, D. *The early development of the concepts of temperature and heat: the rise and decline of caloric theory*. Cambridge: Harvard University Press, 1950.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*. n. 8, nov. 1998.

SANDOVAL, W. A.; MORRISON, K. High school students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 369 – 392. 2003.

SANDOVAL, W. A. Understanding students' practical epistemologies and their Influence on learning through inquiry. *Wiley Periodicals, Inc. Sci Ed* 89: 634– 656. 2005.

SANTOS, R. P.; DOMÉNECH, A. Uma Proposta para o Perfil Conceitual do Conceito de Massa na Física. In: *Anais do IX EPEF - Encontro de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Jaboatão, MG, São Paulo: SBF, 2005. Disponível em: <<http://www.fisica-interessante.com/perfil-conceitual-massa.html>>.

SCHURMANN, P. F. *Luz y Calor*. Buenos Aires: Espasa-Calpe Argentina Ed., 1946.

SEPULVEDA, Cláudia Alencar. *Perfil Conceitual de Adaptação: Uma Ferramenta para Análise de Discurso de Salas de Aula de Biologia em Contextos de Ensino de Evolução*. Tese de Doutorado. Universidade Federal Da Bahia E Universidade Estadual De Feira De Santana. 2010.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM IDUSTRIAL. Refrigeração doméstica. Belo Horizonte, SENAI/MG. 2001.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM IDUSTRIAL. Refrigeração industrial. Belo Horizonte, SENAI/MG. 2001.

SILVA, Dirceu. *Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura*. Tese de doutorado. Universidade São Paulo - Faculdade de Educação. 1995.

SILVA, Fábio Augusto Rodrigues. *O perfil conceitual de vida: ampliando as ferramentas metodológicas para sua investigação*. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação. 2006.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E.; NARDI, R. Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 3, p. 383-396, 2008.

SOLSONA, N.; IZQUIERDO, Mercè; de JONG, Onno. Un Estudio de la Evolución de los Perfiles Conceptuales del Alumnado sobre la Reacción Química. *Revista de Educación en Ciencias*, v. 2, n. 1, pp. 44-48, 2001.

SOUZA, Vinícius Catão de Assis; os desafios da energia no Contexto da termoquímica: Modelando uma nova ideia para aquecer o ensino de química. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação. 2007.

TATON, R. *História Geral das Ciências – A ciência Moderna*. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1960.

VIGOTSKI, L. S. *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1934/2001.

VIGOTSKI, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1934/2008.

VOSNIADOU, S.; VAMVAKOUSSI, X.; SKOPELITI, I. The framework teory approach to the problem of conceptual change. In: *International handbook of research on conceptual change*. Edit. VOSNIADOU, S. University Athens, Greece. Routledge, p. 03–34, 2008.

WENGER, E. C.; SNYDER, W. M. Communities of practice: The organizational frontier. *Harvard business review*, v. 78, n. 1, p. 139-146, 2000.

WENGER, E. *Comunidades de prática: aprendizaje, significado e identidad*. Traducción de Genís Sánchez Barberán. Barcelona: Paidós, 1998/2001.

WERTSCH, J. V. *Vygotsky y la formación social de la mente*. Barcelona: Paidós, 1988.

ZAIANE, N. Conceptual profile of pupils and students of the radiation. In: *4th ESERA Conference*, Noordwijkerhout, The Netherlands, 2003.

APÊNDICES

1 Carta e termo para obtenção do consentimento livre e esclarecido TCR



CARTA PARA OBTENÇÃO DO CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Caro(a) Senhor(a) _____

Eu, Angélica Oliveira de Araújo, Professora Assistente do Departamento de Química – UFVJM e doutoranda em Educação da Faculdade de Educação – UFMG, e Eduardo Fleury Mortimer, Professor Titular da Faculdade de Educação – UFMG, desenvolvemos uma pesquisa cujo título é **“O perfil conceitual de calor e sua utilização em comunidades acadêmicas e tecnológicas”**. Essa pesquisa está sendo desenvolvida dentro das normas e resoluções do Ministério da Saúde e da ANVISA por meio da Resolução 196/96 que trata de todos os aspectos relativos à ética em pesquisa.

O objetivo deste estudo é investigar como diferentes comunidades, socioculturalmente situadas, utilizam o perfil conceitual de calor. A partir de estudos com duas comunidades diferentes tentaremos (i) refinar as zonas do perfil conceitual proposto por Amaral e Mortimer (2001) e (ii) verificar como cada comunidade utiliza o perfil, dando ênfase a diferentes zonas.

Para tanto, estamos convidando o(a) Sr(a). a participar desta pesquisa cujos dados serão obtidos por meio de (i) acompanhamento e gravação, em áudio, de algumas aulas do curso de Aprendizagem Industrial e Qualificação Profissional em Manutenção Mecânica em Refrigeração e Condicionador de Ar, (ii) análise das apostilas utilizadas no curso, (iii) da aplicação de questionários aos participantes e (iv) realização de algumas entrevistas, com gravação do áudio para posterior análise.

Sua participação nesta pesquisa é voluntária e não implicará qualquer risco ou desconforto. Ela não trará qualquer benefício direto, mas pode contribuir para que os pesquisadores conheçam melhor o contexto de desenvolvimento de práticas de natureza científica em ambientes não escolares.

Informo que o Sr(a). tem a garantia de acesso, em qualquer etapa do estudo, sobre qualquer esclarecimento de eventuais dúvidas. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com a pesquisadora ou com o Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais³³.

Garanto que as informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros dados, não sendo divulgada a identificação de nenhum dos participantes. Também é garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na instituição. O Sr(a). tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas e caso seja solicitado, daremos as informações que forem solicitadas.

³³ **COEP- Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais.**

Av. Antônio Carlos, 6627 Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005 Campus Pampulha Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901 .

Contatos: coep@prpq.ufmg.br / (31) 3409-4592.

Não existirá despesas ou compensações pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Comprometemos-nos a utilizar os dados coletados somente para pesquisa e os resultados serão veiculados através de artigos científicos em revistas especializadas e/ou em encontros científicos e congressos, sem nunca tornar possível sua identificação.

Anexo está o consentimento livre e esclarecido para ser assinado, caso não tenha ficado qualquer dúvida. Todos os participantes receberão uma cópia assinada deste formulário de consentimento.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, como indivíduo dessa pesquisa, afirmo que fui devidamente orientado (a) e esclarecido (a) sobre o objetivo e a finalidade da pesquisa, os procedimentos a serem realizados, bem como a utilização dos dados nela obtidos. Esses dados poderão ser utilizados para a pesquisa e para publicações posteriores, desde que a confidencialidade seja garantida. Por isso aceito participar das atividades da pesquisa intitulada **“O perfil conceitual de calor e sua utilização em comunidades acadêmicas e tecnológicas”**.

Assinatura do participante _____

Data: ____ / 06 / 2012.

Telefone: () _____

Email: _____

Assinatura da pesquisadora

Data: ____ / 06 / 2012.

PESQUISADORES

ANGÉLICA OLIVEIRA DE ARAÚJO

Professora Assistente do Departamento de Química - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina – MG. Licenciada em Química, mestre em educação e doutoranda em educação na Faculdade de Educação - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Contatos: angelicaoaraujo@gmail.com / (31) 9807-4621.

EDUARDO FLEURY MORTIMER

Professor Titular da Faculdade de Educação - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) Belo Horizonte – MG. Pós doutor em educação. www.fae.ufmg.br/posgrad/mortimer

Contatos: mortimer@ufmg.br / (31) 3409-5358.

2 Carta e termo para obtenção do consentimento CFO



CARTA PARA OBTENÇÃO DO CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Caro(a) Senhor(a) _____

Eu, Angélica Oliveira de Araújo, Professora Assistente do Departamento de Química – UFVJM e doutoranda em Educação da Faculdade de Educação – UFMG, e Eduardo Fleury Mortimer, Professor Titular da Faculdade de Educação – UFMG, desenvolvemos uma pesquisa cujo título é “**O perfil conceitual de calor e sua utilização em comunidades acadêmicas e tecnológicas**”. Essa pesquisa está sendo desenvolvida dentro das normas e resoluções do Ministério da Saúde e da ANVISA por meio da Resolução 196/96 que trata de todos os aspectos relativos à ética em pesquisa.

O objetivo deste estudo é investigar como diferentes comunidades, socioculturalmente situadas, utilizam o perfil conceitual de calor. A partir de estudos com duas comunidades diferentes tentaremos (i) refinar as zonas do perfil conceitual proposto por Amaral e Mortimer (2001) e (ii) verificar como cada comunidade utiliza o perfil, dando ênfase a diferentes zonas.

Para tanto, estamos convidando o(a) Sr(a). a participar desta pesquisa cujos dados serão obtidos por meio de (i) acompanhamento e gravação, em áudio, de algumas aulas do CFO da Academia de Bombeiros Militar, (ii) análise das apostilas utilizadas no curso, (iii) da aplicação de questionários aos participantes e (iv) realização de algumas entrevistas, com gravação do áudio para posterior análise.

Sua participação nesta pesquisa é voluntária e não implicará qualquer risco ou desconforto. Ela não trará qualquer benefício direto, mas pode contribuir para que os pesquisadores conheçam melhor o contexto de desenvolvimento de práticas de natureza científica em ambientes não escolares.

Informo que o Sr(a). tem a garantia de acesso, em qualquer etapa do estudo, sobre qualquer esclarecimento de eventuais dúvidas. Se tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com a pesquisadora ou com o Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais³⁴.

Garanto que as informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros dados, não sendo divulgada a identificação de nenhum dos participantes. Também é garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na instituição. O Sr(a). tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas e caso seja solicitado, daremos as informações que forem solicitadas.

Não existirá despesas ou compensações pessoais para o participante em qualquer fase do estudo. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

Comprometemos-nos a utilizar os dados coletados somente para pesquisa e os resultados serão veiculados através de artigos científicos em revistas especializadas e/ou em encontros científicos e congressos, sem nunca tornar possível sua identificação.

³⁴ **COEP- Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais.**

Av. Antônio Carlos, 6627 Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005 Campus Pampulha Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901 .

Contatos: coep@prpq.ufmg.br / (31) 3409-4592.

Anexo está o consentimento livre e esclarecido para ser assinado, caso não tenha ficado qualquer dúvida. Todos os participantes receberão uma cópia assinada deste formulário de consentimento.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, como indivíduo dessa pesquisa, afirmo que fui devidamente orientado (a) e esclarecido (a) sobre o objetivo e a finalidade da pesquisa, os procedimentos a serem realizados, bem como a utilização dos dados nela obtidos. Esses dados poderão ser utilizados para a pesquisa e para publicações posteriores, desde que a confidencialidade seja garantida. Por isso aceito participar das atividades da pesquisa intitulada **“O perfil conceitual de calor e sua utilização em comunidades acadêmicas e tecnológicas”**.

Assinatura do participante _____

Data: ____ / 10 / 2012.

Telefone: () _____

Email: _____

Assinatura da
pesquisadora

Data: ____ / 10 / 2012.

PESQUISADORES

ANGÉLICA OLIVEIRA DE ARAÚJO

Professora Assistente do Departamento de Química - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Diamantina – MG. Licenciada em Química, mestre em educação e doutoranda em educação na Faculdade de Educação - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Contatos: angelicaoaraujo@gmail.com / (31) 9807-4621.

EDUARDO FLEURY MORTIMER

Professor Titular da Faculdade de Educação - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) Belo Horizonte – MG. Pós doutor em educação. www.fae.ufmg.br/posgrad/mortimer

Contatos: mortimer@ufmg.br / (31) 3409-5358.

3 Questionário aplicado TCR



QUESTIONÁRIO PARA COLETA DE DADOS

PESQUISA: O perfil conceitual de calor e sua utilização em comunidades acadêmicas e tecnológicas

PESQUISADOR ORIENTADOR: Dr. Eduardo Fleury Mortimer

PESQUISADORA DOUTORANDA: MSc. Angélica Oliveira de Araújo

As informações coletadas nessa pesquisa serão utilizadas com o objetivo de investigar como os profissionais e futuros profissionais em Manutenção Mecânica em Refrigeração e Condicionador de Ar utilizam o perfil conceitual de calor. Desde já, os pesquisadores agradecem sua colaboração e comprometem-se a manter sua identidade no mais absoluto sigilo.

Nome: _____ **Idade:** ____ anos

Escolaridade: _____

Instrutor: _____

Experiência de atuação na área de refrigeração? () não () sim

Qual? _____

Observação: Caso o espaço destinado à resposta não seja suficiente, favor utilizar o verso da folha.

- 1) Para você, o que é calor?
- 2) Lê-se em uma apostila de uma empresa de refrigeração:
Em termos expressivos embora não científicos podemos dizer que o isolante térmico armazena o “FRIO PRODUZIDO” pelo equipamento frigorífico no interior do compartimento deixando penetrar apenas alguns fios de calor.
 - A) Como o frio é produzido?
 - B) Como o frio é armazenado?
 - C) O que você entende por “alguns fios de calor”?

- 3) Qual o **papel do calor** nas seguintes situações:
- A) Um refrigerante colocado na geladeira tem sua temperatura diminuída após algum de tempo.
 - B) A água líquida torna-se sólida após algum de tempo no congelador.
 - C) A influência da ocupação por pessoas e da temperatura de entrada de um produto no cálculo de carga térmica de uma câmara frigorífica.
 - D) A influência da temperatura externa, das janelas e da insolação no dimensionamento de um equipamento de ar condicionado.
- 4) Por que podemos dizer, em termos científicos, que o frio não existe?
- 5) Como você explica a utilização de uma blusa de lã pelas pessoas para diminuir a sensação de frio?
- 6) Em um aparelho utilizado para refrigeração há quatro componentes básicos: **evaporador, condensador, compressor e dispositivo de expansão**. Qual o papel desempenhado por cada um desses componentes na refrigeração?
- Favor responder esta questão no verso da folha.*

4 Questionário aplicado ao CFO.



QUESTIONÁRIO PARA COLETA DE DADOS

PESQUISA: O perfil conceitual de calor e sua utilização em comunidades acadêmicas e tecnológicas

PESQUISADOR ORIENTADOR: Dr. Eduardo Fleury Mortimer

PESQUISADORA DOUTORANDA: MSc. Angélica Oliveira de Araújo

As informações coletadas nessa pesquisa serão utilizadas com o objetivo de investigar como os profissionais e futuros profissionais Bombeiros Militares utilizam o perfil conceitual de calor. Desde já, os pesquisadores agradecem sua colaboração e comprometem-se a manter sua identidade no mais absoluto sigilo.

Nome: _____ **Idade:** _____ anos.

Experiência de atuação como Bombeiro Militar? () não. () sim, _____ anos.

***Observação:** Caso o espaço destinado à resposta não seja suficiente, favor utilizar o verso da folha.*

1) Para você,

- a) O que é frio?
- b) O que é calor?
- c) O que é temperatura?
- d) O que é fogo?

2) Segundo o MABOM (pg. 264)

“A combustão poderá ser conceituada segundo três pontos de vista:

1. Instituto do fogo

Combustão viva ou comum é um processo de oxidação que desenvolve com velocidade e intensidade suficiente para irradiar quantidades sensíveis de energia térmica e luminosa.

2. Ponto de vista químico

Combustão é uma reação de oxidação irreversível exotérmica processada através de radicais livres.

3. De acordo com a temperatura

Combustão viva ou comum é um processo que ocorre através de um mecanismo menos simples de reação em cadeia, iniciado por um processo endotérmico, acrescido de energia de ativação de conteúdo entálpico.”

Qual a relação há entre:

- a) Calor e temperatura?
 - b) Calor e combustão?
 - c) Calor e conteúdo entálpico?
- 3) Para explicar o processo de combustão foi proposto o tetraedro do fogo, que determina os quatro elementos essenciais à combustão: oxigênio, combustível, energia de ativação (agente ígneo) e reação em cadeia. Você pode combater um incêndio retirando um dos elementos presentes no tetraedro do fogo. Como alterar a reação em cadeia?
- 4) Você utiliza a cor da chama para estimar a temperatura do fogo? Explique.
- 5) Como você explica a utilização de uma blusa de lã pelas pessoas para diminuir a sensação de frio?

5 Roteiro para realização da entrevista semiestruturada com alunos e instrutores do TCR³⁵.

ROTEIRO PARA ENTREVISTA DOS INSTRUTORES DO SENAI

O objetivo da entrevista é (i) explorar as ideias apresentadas no questionário respondido anteriormente; (ii) discutir o resultado obtido nas respostas dos alunos; (iii) apresentar brevemente a noção do perfil conceitual de calor e (iv) discutir, pela visão do instrutor, quais zonas do perfil se aplicam à refrigeração.

Questão 1: Para você, o que é calor?

Questões particulares sobre essa questão:

André - “Energia térmica de um corpo”

Explorar melhor a ideia. Há outras definições utilizadas na refrigeração?

Calor é uma característica própria do corpo?

Daniel – “É o grau de energia interna de um corpo ou de um sistema.”

Explorar melhor a ideia. Há outras definições utilizadas na refrigeração?

Calor é uma característica própria do corpo?

Carlos – “É a energia térmica que se transfere de um corpo para outro.”

Explorar melhor a ideia. Há outras definições utilizadas na refrigeração?

Bruno – “É a energia térmica que um corpo passa para outro quando entre eles houver diferença de temperatura.”

Explorar melhor a ideia. Há outras definições utilizadas na refrigeração?

Questões gerais, a partir da análise do questionário:

Do total dos alunos entrevistados, 20,8% associaram calor à temperatura elevada (quente) e 18,8% transferência ou troca de temperatura entre os corpos, ou seja,

³⁵ Esses roteiros não foram entregues aos pesquisados, serviram apenas para orientar a pesquisadora na condução das entrevistas.

aproximadamente 40% dos alunos associam calor à temperatura ou elevação da temperatura do corpo.

- 1) Por que isso acontece?
- 2) Para a área de refrigeração, considerando a atuação dos técnicos, existe alguma diferença entre calor e temperatura? Qual?
- 3) Qual o significado para a área do termo “troca de calor” para a área? E “troca de temperatura”?

14,6% à energia interna ou agitação (movimentação) de partículas (moléculas, átomos, elétrons), 16,7 à energia térmica e 12,5% à energia em trânsito entre corpos, ou seja, 44% dos alunos tratam o calor como uma forma de energia.

- 4) Para você há alguma diferença entre essas três formas de tratar a energia? Qual?

6,3% consideraram calor como carga térmica.

- 5) Qual a relação entre calor e carga térmica na refrigeração?

Questão 2: Lê-se em uma apostila de uma empresa de refrigeração:

Em termos expressivos embora não científicos podemos dizer que o isolante térmico armazena o “FRIO PRODUZIDO” pelo equipamento frigorífico no interior do compartimento deixando penetrar apenas alguns fios de calor.

- D) Como o frio é produzido?

André – “Através da evaporação do fluido refrigerante.”

Apenas isso é suficiente para produzir o frio? O que mais?

Questões gerais, a partir da análise do questionário:

É possível observar que a maioria dos alunos, 59,2%, associaram a produção do frio ao próprio funcionamento do equipamento de refrigeração, quer seja pela mudança de estado do fluido refrigerante ou pelo funcionamento dos componentes dos equipamentos de refrigeração. 34,7%, associaram a produção do frio à retirada de calor do sistema. E 10,2%, à retirada ou diminuição da temperatura.

- 1) Para você há alguma diferença entre atribuir a produção do frio ao funcionamento do equipamento de refrigeração e atribuir à retirada de calor do sistema? Qual?

E) Como o frio é armazenado?

André – “Através de compartimento que impede a penetração de calor”.

O que seriam esses compartimentos? Como funcionam?

Bruno – “Não podemos armazenar frio e sim retirar calor de um ambiente, abaixando a temperatura.”

A partir do momento que abaixamos a temperatura, como é possível manter essa temperatura do local mais baixa?

Questões gerais, a partir da análise do questionário:

A maioria dos alunos associou o armazenamento do frio à isolamento térmica, uma vez que 60,4% dos alunos mencionaram isso na diretamente resposta e 14,6% considerou que para armazenar o frio é necessário uma equipamento (câmara) de refrigeração, conhecidamente um local com isolamento térmico. Os demais, 22,9%, associaram a manutenção do frio à evitar o aumento de calor no ambiente, quer impedindo sua entrada ou sua troca. Alguns, 6,3%, ainda associaram calor diretamente à temperatura.

- 1) Você identifica alguma diferença entre essas duas categorias: Evitar (impedir) a troca de calor com o ambiente e Impedir a penetração do calor?

F) O que você entende por “*alguns fios de calor*”?

André – “Baixa intensidade de calor. Baixa penetração de calor.”

Por favor, explore melhor a ideia.

Na sua visão fio de calor seria, então, uma pequena quantidade de calor?

Bruno – Não respondeu.

Esse termo não tem significado para você?

Carlos – “Seriam frestas por onde estaria ocorrendo a troca de energia térmica do sistema.”

Por favor, explore melhor a ideia.

Daniel – “Pacotes energéticos que se deslocam de uma fonte quente para uma fonte mais fria.”

Por favor, explore melhor a ideia.

Questões gerais, a partir da análise do questionário:

59,0% dos alunos que responderam à questão referem-se aos “fios de calor” como sendo uma pequena quantidade de calor capaz de penetrar no ambiente por frestas ou pelo próprio isolamento. 15,4% como o próprio calor, uma vez que afirma que o calor existe como fios. 15,4% afirmaram que esse fios de calor referem-se aos raios de sol. **20,4% dos estudantes se abstiveram de responder, o maior índice dentre as questões analisadas.**

- 1) Você teria alguma hipótese para o elevado índice de abstenção de resposta à essa questão?
- 2) Esse termo “fio de calor” é realmente utilizado na área de refrigeração? Você o utiliza?
- 3) Para você alguma das alternativas poderia ser considerada mais apropriada para designar o termo?
 - a) pequena quantidade de calor
 - b) o próprio calor
 - c) raios de sol

Questão 3: Qual o papel do calor nas seguintes situações:

E) Um refrigerante colocado na geladeira tem sua temperatura diminuída após algum de tempo.

F) A água líquida torna-se sólida após algum de tempo no congelador.

G) A influência da ocupação por pessoas e da temperatura de entrada de um produto no cálculo de carga térmica de uma câmara frigorífica.

H) A influência da temperatura externa, das janelas e da insolação no dimensionamento de um equipamento de ar condicionado.

Pedir a cada instrutor que explore suas ideias expressas no questionário.

Questão 4: Por que podemos dizer, em termos científicos, que o frio não existe?

André – “Porque o frio seria ausência de calor, e mesmo com baixas temperaturas ainda temos calor.”

Qual a relação você estabelece entre calor e frio? Há diferença entre eles? Quais?

Bruno– “Existe a troca de calor, energia térmica com os alimentos.”

Qual a relação você estabelece entre calor e frio? Há diferença entre eles? Quais?

Carlos – “Porque o frio é um termo usado para designar a ausência de calor.”

Qual a relação você estabelece entre calor e frio? Há diferença entre eles? Quais?

Daniel– “Por que ainda não obtivemos o ‘zero absoluto’”.

Qual a relação entre o ‘zero absoluto’ e o frio?

Qual a relação você estabelece entre calor e frio? Há diferença entre eles? Quais?

Questões gerais, a partir da análise do questionário:

Percentuais de respostas em algumas categorias:

- (i) Ausência de calor, 23,4% do total.
- (ii) Temperaturas baixas ou abaixo do corpo humano, 10,6% do total.
- (iii) Perda de calor ou temperatura, 10,6% do total.
- (iv) Sensação térmica, 8,5% do total.

1) Na sua opinião, existe uma categoria que melhor responderia a essa questão?

O dado mais importante observado na análise dessa pergunta é que 40,4% dos alunos negaram a pergunta deixando explícito ou subentendido que o frio existe. Esse dado para todas as turmas, quando analisadas individualmente foi superior a 33% e para uma das turmas atingiu 60%.

- 2) Por que você acredita que isso ocorra, essa negação de que o frio não existe?
- 3) A refrigeração em termos práticos trabalha com o conceito de frio: produzir o frio, homogeneizá-lo e mantê-lo no ambiente. Você acha que isso contrariando os princípios da ciência?

Questão 5: Como você explica a utilização de uma blusa de lã pelas pessoas para diminuir a sensação de frio?

André – “Isola a troca de calor, perde menos calor quando se usa uma blusa de lã.”

Poderia me explicar o que é isolar a troca de calor?

Bruno – “Forma uma barreira térmica.”

Poderia me explicar o que é uma barreira térmica?

Carlos – “A lã é um isolante térmico, logo ela evita a troca de calor entre o ambiente externo e o corpo a pessoa.”

Daniel – “Isolamento térmico, redução da perda de calor.”

Questões gerais, a partir da análise do questionário:

É possível observar que essa questão houve maior incidência de resposta em mais de uma categoria que nas questões anteriores, gerando 72 repostas. Dos 44 alunos que efetivamente responderam à questão, 21 (42,9%), consideram que a blusa de lã funciona como um isolante térmico. Outras categorias também apresentaram um percentual significativo de respostas.

A a blusa impede a perda ou troca de calor - 24,5% dos estudantes.

Reduz a perda de calor pelo corpo humano- 18,4% dos estudantes.

As categorias armazena o calor, retém a temperatura e rejeita o frio - 14,3% dos sujeitos investigados em cada uma.

Aquece o corpo foi considerada - 8,2% dos estudantes.

O isolante térmico impede ou reduz a perda de calor?

Outras...

6 Roteiro para realização da entrevista semiestruturada com alunos e instrutores do CFO

ROTEIRO PARA ENTREVISTA DOS BOMBEIROS

O objetivo da entrevista é (i) explorar as ideias apresentadas no questionário respondido anteriormente; (ii) discutir o resultado obtido nas respostas dos alunos, (iii) discutir questões específicas.

- 1) Gostaria que você me descrevesse quais são os procedimentos adotados pelos bombeiros em uma ocorrência de incêndio, desde o início até a finalização.
(fazer questões sobre dúvidas ao longo dessa narrativa).

- 2) Para você,
 - e) O que é frio?

 - f) O que é temperatura?

 - g) O que é fogo?

 - h) O que é calor?

Dependendo do decorrer da entrevista:

Explorar melhor a ideia.

Calor é uma característica própria do corpo?

Qual a relação você estabelece entre calor e frio? Quais diferenças há entre eles?

Há definições para o calor que utilizadas pelo bombeiro?

- 3) Qual a relação há entre:
 - d) Calor e temperatura

 - e) Calor e combustão

 - f) Calor e conteúdo entálpico

Dependendo do decorrer da entrevista:

Explorar melhor a ideia.

Diferenças entre calor e temperatura

Diferenças entre calor e temperatura

Como são utilizadas na prática os conceitos de calor e sensação térmica no combate a incêndios?

- 4) Para explicar o processo de combustão foi proposto o tetraedro do fogo, que determina os quatro elementos essenciais à combustão: oxigênio, combustível, energia de ativação (agente ígneo) e reação em cadeia. Você pode combater um incêndio retirando um dos elementos presentes no tetraedro do fogo. Como alterar a reação em cadeia?

Dependendo do decorrer da entrevista:

Explorar melhor a ideia.

- 5) Você utiliza a cor da chama para estimar a temperatura do fogo? Explique.

Dependendo do decorrer da entrevista:

Explorar melhor a ideia.

- 6) Como você explica a utilização de uma blusa de lã pelas pessoas para diminuir a sensação de frio?

Dependendo do decorrer da entrevista:

Explorar melhor a ideia.

Ao vir estudar esse conceito com os profissionais que trabalham na refrigeração eu tinha a hipótese de que o calor nessa área seria tratado predominantemente como uma substância, devido ao fato tratá-lo como algo material facilitar o uso desse conceito. Contudo, creio que o calor na refrigeração seja tratado como substância, como algo proporcional à diferença de temperatura, e também como energia em trânsito, utilizando diferentes formas para caracterizar e operar com esse conceito.

Você concorda com a minha análise?

ANEXOS

1 Formulário para o cálculo da carga térmica

CÁLCULO DE CARGA TÉRMICA PARA CÂMARA FRIGORÍFICA

Estimada para: _____

Estimada por : _____

Endereço: _____

Data : ____ / ____ / _____

APLICAÇÃO

Câmara para _____

Temperatura interna da câmara _____ °C

Temperatura considerada para o ambiente externo _____ °C

Temperatura de entrada do produto _____ °C

Diferencial de temperatura (DT) _____ °C Umidade relativa _____ %

DIMENSÕES INTERNA (M) DA CÂMARA

Comprimento _____ Altura _____ Largura _____

Volume _____ (m³) Isolamento-material _____ Espessura _____

OUTRA INFORMAÇÕES

Carga de produto _____ Kg. Embalagem () Sim ou () Não Tipo _____

Presença de motor ou fonte de calor () Sim ou () Não.

Número de pessoas _____ para _____ horas.

CÁLCULO DE TRANSMISSÃO DE CALOR (DISPERSÃO)

Piso: comprimento x largura x (fator tabela 1)

_____ x _____ x _____ = _____ Kcal/24h

Parede: largura x altura x (fator tabela 1) x 2

_____ x _____ x _____ x 2 = _____ Kcal/24h

Parede: comprimento x altura x (fator tabela 1) x 2

_____ x _____ x _____ x 2 = _____ Kcal/24h

Teto : comprimento x largura x (fator tabela 1)

_____ x _____ x _____ = _____ Kcal/24h

TROCA DE AR

Volume (comp.) x (larg.) x (alt.) x (fator tabela 2) x (fator tabela 3)

_____ x _____ x _____ x _____ x _____ = _____ Kcal/24h

CARGA DE PRODUTO

Quant. Kg x (rend. de temp/DT) x (calor específico/tabela 4)

_____ x _____ x _____ = _____ Kcal/24h

PESSOAS

Número de pessoas x (fator tabela 5) x (horas reais)

_____ x _____ x _____ = _____ Kcal/24h

ILUMINAÇÃO

(Comp) x (larg) x (10W/m²) x (horas reais) x (fator de conversão)

_____ x _____ x _____ x _____ x _____ = _____ Kcal/24h

SUBTOTAL (somar todos as cargas) _____ = _____ Kcal/24h

CARGA DIÁRIA = 18 horas _____ = _____ Kcal/18h

10 % (fator de segurança) _____ = _____ Kcal/h

CARGA TÉRMICA FINAL C/ 10 % _____ = _____ Kcal/h