

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Departamento de Engenharia de Produção
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

**O PROCESSO, A ENGENHARIA E O OPERADOR:
compreensão técnica dos conflitos interprofissionais no controle de
processos contínuos de produção**

Samira Nagem Lima

Belo Horizonte
Junho/2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Departamento de Engenharia de Produção
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

O PROCESSO, A ENGENHARIA E O OPERADOR:
compreensão técnica dos conflitos interprofissionais no controle de
processos contínuos de produção

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Pesquisa Operacional e Engenharia de Manufatura

Linha de Pesquisa: Estudos Sociais da Tecnologia e Expertise

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro

Co-orientador: Prof. Dr. Francisco de Paula Antunes Lima

Belo Horizonte
Junho/2015

FICHA CATALOGRÁFICA

L732p Lima, Samira Nagem.
O processo, a engenharia e o operador: compreensão técnica dos conflitos interprofissionais no controle de processos contínuos de produção / Samira Nagem Lima. Belo Horizonte: UFMG – Faculdade de Engenharia, 2015.
110 f.

Orientador – Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro. Co-orientador - Francisco de Paula Antunes Lima. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)– Pós-Graduação *Lato Sensu* em Engenharia.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia de produção - ergonomia. **2.** Saber prático. **3.** Saber tácito. **4.** Trabalho real. **5.** Autonomia. **6.** Conflitos de gestão. **I.** Ribeiro, Rodrigo. **II.** Lima, Francisco de Paula Antunes. **III.** UFMG. **IV.** Título.

CDD – 658.5

Dedico este trabalho à minha querida mãe, Sulamita Nagem, que, além de grande exemplo de esforço, é também fonte de estímulos e suporte diário para a realização de todos os meus empreendimentos.

AGRADECIMENTOS

Emociono-me com tanto apoio recebido ao longo do mestrado! Não tenho palavras para agradecer todo o esforço que tantos dispensaram para tornar esta minha experiência bem mais confortável e proveitosa! Por um momento, surgiu o seguinte pensamento: “não mereço tanto”.

Pelo bem recebido ao longo desta etapa e que, sem dúvida, ultrapassa a vida profissional, recordo com gratidão...

Dos meus orientadores, professor Rodrigo Ribeiro e professor Francisco Lima, que se fizeram presentes em todas as etapas da pesquisa, e que generosamente compartilharam suas experiências. Esforço-me para ser merecedora de tantas oportunidades que me oferecem!

Dos professores Raoni Rajão, André Abath, Francisco Coutinho e Eduardo Mortimer, que ministraram aulas marcantes para este trabalho e que com compreensão e profissionalismo exercem tão bela profissão.

Da Jean Lave e Paul Duguid, que me receberam de braços abertos em Berkeley, em um breve, mas significativo período de estudos. São exemplos de vida!

De todos os operadores, supervisores e engenheiros da Área de Calcinação. Com muita paciência e respeito, me receberam e permitiram que eu estivesse ali, fazendo parte de suas vidas, dividindo suas experiências e revelando seus segredos! Sem eles esta pesquisa não seria possível. Eu os considero coautores desta dissertação.

Do Gerente de Área de Calcinação, um profissional generoso e consciente, que abraçou meu trabalho e me permitiu livre acesso ao campo de estudo.

Da equipe de pesquisadores que esteve comigo no Norte, dividindo a difícil experiência de mudar para uma cidade diferente e distante. Em especial à Jaqueline.

Da Michelle, que, mais que colega de mestrado, se tornou uma amiga. Sempre disposta a ajudar, generosa e bondosa em seus comentários. Mesmo no período em que estivemos fisicamente distante, se mostrou presente com belas mensagens.

Do meu pai, Daniel, que se esforça para sempre estar presente e atender minhas necessidades.

Da minha irmã, Samia, que, apesar de fisicamente distante, sempre me ajuda a recordar que sou capaz!

Da minha querida prima-irmã Lilian, que sempre esteve presente e, nos momentos mais críticos, serenamente me acolheu.

Do meu sobrinho Leo, que tantas vezes renovou minhas energias com seu sorriso farto e afetuoso.

Da família Nagem, que me presenteou com tios, tias, primos e primas espetaculares!

Da família Lima, em especial tia Déa e tia Dulce, sempre presentes, generosas e compreensivas em relação às minhas ausências.

Dos meus amigos, em especial Jú, Jana, Bella, Vlad e Fê, que me arrancaram risadas e que me apoiaram na difícil transição entre “professora de dança” e “ergonomista”!

Do meu amigo-irmão Luis Antônio, que sempre esteve disposto a levar e buscar esta dissertação!

Por fim, este trabalho só foi possível devido ao apoio contínuo e imprescindível da empresa onde foi realizado e da Direção e Gestores da planta industrial, assim como da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais - FAPEMIG (processo: TEC-RDP-00045-10). A essas instituições e pessoas, os meus mais sinceros agradecimentos.

“Para o bem recebido, provenha este de nossos semelhantes, de animais ou de coisas que rodearam ou rodeiam nossa existência, devemos guardar uma consciente gratidão. Com ela conseguiremos destruir a falsa gratidão, aquela que é tão comum e se limita a uma palavra ou uma frase expressada com maior ou menor ênfase. A gratidão consciente não necessita de expressões externas e contribui para fazer ditosa a existência, porque mediante ela se acaricia intimamente a recordação, identificando-a com a vida. Como não guardar gratidão a tudo aquilo que cooperou para tornar mais fácil e feliz o transcorrer dos dias? Deter por um instante, pois, o pensamento naqueles que nos proporcionaram um bem é render-lhes uma justa homenagem, da qual a alma jamais se arrepende, especialmente porque nesses instantes a própria vida parece adquirir outro conteúdo, e o ser, como se uma força titânica, sublime e cheia de ternura o impulsionasse, sente-se disposto a ser mais bondoso e melhor.”

(PECOTCHE, 2005, p. 230).

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo esclarecer por que a intercompreensão entre engenheiros e operadores é um caminho não apenas cheio de obstáculos, percorrido por cada um deles em sentidos opostos quando se confrontam suas perspectivas. Dadas as condições objetivas e subjetivas favoráveis à cooperação, o reconhecimento organizacional de uma motivação intrínseca ao trabalho deveria potencializar a inteligência coletiva e favorecer o retorno da experiência dos trabalhadores. Por que, então, a colaboração não se desenvolve e a oposição entre mandantes e mandados continua a existir? Por que, apesar dessa vontade manifesta, a divisão intelectual do trabalho entre engenheiros e operadores continua a prevalecer? Para isso, investigamos as relações entre a engenharia de processos e a operação a partir de elementos que retratam especificidades da atividade dos operadores, acentuando as diferenças destas em relação às representações que os engenheiros possuem sobre o trabalho de seus subordinados. As análises realizadas foram desenvolvidas no âmbito da atividade concreta (denominada pelos ergonomistas de trabalho real), evidenciando características da atividade dos operadores de controle de processos contínuos. Nossa hipótese é que determinadas características dessa atividade são objetivamente conflitantes com dois aspectos da atividade dos engenheiros: (1) o projeto e controle do processo de produção (quando atuam sobre o processo) e (2) o projeto do trabalho dos operadores (quando definem normas e procedimentos operatórios que os operadores devem seguir). Portanto, esta dissertação não discutirá a relação de poderes por si só, mas sim a explicitação “técnica” das razões por detrás dessa falta de intercompreensão. No final, o objetivo dos engenheiros é apenas um: manter o processo de produção sob controle, quer atuando diretamente sobre o projeto do processo (projeto de equipamentos, parametrização do processo, balanço de massas...), quer “parametrizando” a ação dos operadores, isto é, projetando as tarefas em diferentes níveis de detalhamento. Os operadores aparecem, assim, como mais um elemento do processo de produção, o qual, como todos os outros elementos (equipamentos, processos, materiais, planejamento...), acaba sendo tratado dentro de um mesmo modelo, que desconsidera as especificidades da atividade dos operadores, em especial a vigilância de um processo contínuo de produção.

Palavras-chave: Saber prático. Conhecimento tácito. Trabalho real. Autonomia. Conflitos de gestão.

ABSTRACT

This paper aims to clarify why the mutual understanding between engineers and operators, is not just a path full of obstacles, traveled by each of them in opposite directions when confronting their prospects. Given the objective and subjective conditions favorable to cooperation, the organizational recognition of an intrinsic motivation to work should enhance the collective intelligence and encourage the return of experience of the workers. Why, then, is collaboration not developed and the opposition between principals and warrants still exists? Why, despite this obvious desire, does the intellectual division of labor between engineers and operators continues to prevail? For this, we investigated the relationship between process engineering and operation from elements that portray specific activity of operators, accentuating the differences of these representations in relation to what engineers have regarding the work of their subordinates. The analysis were carried out under the concrete activity (which ergonomists call the real work), showing activity characteristics of operators' continuous process control. Our hypothesis is that certain characteristics of this activity are objectively conflicting with two aspects of engineers' activity: (1) the design and control of the production process (when acting on the process) and (2) the work of the operators of the project (as defined standards and operative procedures that operators must follow). Therefore, this thesis does not discuss the power's relation itself, but the "technical" explanation of the reasons behind this lack of mutual understanding. In the end, the goal of the engineers is only one: to keep under control the production process, either acting directly on the design process (equipment design, process parameterization, mass balance...) or "parameterizing" the operators' action, ie drawing tasks at different levels of detail. Workers appear as well as one more element of the production process, which, like all other elements (equipment, processes, materials, planning...), ends up being treated within the same model, which disregards the specific activity of the operators, especially the supervision of a continuous production process.

Keywords: Practical knowledge. Tacit knowledge. Real work. Autonomy. Management conflicts.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AET	Análise ergonômica do trabalho
CCQ	Círculo de controle de qualidade
ESP	Electrostatic precipitator (em português, precipitador eletrostático do calcinador)
FeO	Wustita
IP	Instruções de processo
IPC	Indústria de processo contínuo
PRO	Procedimento operacional

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Calcinador	34
Figura 2 - Postos de trabalho dos operadores na sala de controle da área da calcinação	35
Figura 3 - Representação do forno calcinador indicando o tempo de residência do minério.....	41
Figura 4 - Representação do forno calcinador, com queimador, ventiladores e perfil térmico	43
Figura 5 – Representação do forno calcinador com alimentação, silo e sistema de tiragem (exaustor e ESP)	44
Figura 6 - Representação do forno calcinador com o perfil térmico	45
Figura 7 - Parâmetros considerados pelo operador ao efetuar o ajuste no combustível	48
Figura 8 - Esquema dos conjuntos de casos escolhidos para embasar empiricamente a crítica à abordagem prescritiva	49
Figura 9 - Esquema da origem e estratégia de correção da variabilidade da quantidade de minério	52
Figura 10 - Manual de operação elaborado pelos fornecedores	69
Figura 11 - Relatório operacional referente à Situação 01	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variações dos combustíveis diesel e carvão ao longo do primeiro turno do caso dos cliques (14 h às 23 h).....	47
Gráfico 2 - Trocas das alimentadoras e ajustes no combustível durante o turno.....	54
Gráfico 3 - Comparação entre a temperatura de entrada do ESP e as mudanças de alimentadores.....	55
Gráfico 4 - Comparação entre a temperatura de entrada do ESP e os ajustes nos combustíveis.....	56
Gráfico 5 - Comparação entre as temperaturas do minério ao longo do forno e os ajustes efetuados nos combustíveis.....	57
Gráfico 6 - Comparação entre as temperaturas do minério ao longo do forno e os ajustes efetuados nos combustíveis.....	58
Gráfico 7 - Comparação entre as temperaturas do minério ao longo do forno e os ajustes nos combustíveis.....	59
Gráfico 8 - Estabilidade na alimentação de aglomerado.....	61
Gráfico 9 - Variações dos combustíveis diesel e carvão durante o turno envolvido (7 h às 13 h).....	62
Gráfico 10 - Comparação entre as temperaturas do minério ao longo do forno e os ajustes efetuados nos combustíveis.....	63
Gráfico 11 - Comparação entre a temperatura de entrada do ESP, os ajustes efetuados nos combustíveis e a proporção de ar de combustão secundário.....	64
Gráfico 12 - Trocas de alimentadores antes e durante o turno envolvido.....	72
Gráfico 13 - Forma como o operador interpreta as temperaturas do minério ao longo do forno e como as relaciona com as variações enfrentadas na alimentação do material.....	73
Gráfico 14 - Comparação entre as temperaturas do minério na descarga e no silo e o consumo dos combustíveis.....	74
Gráfico 15 - Queda no consumo de combustível em função dos desarmes do queimador.....	75
Gráfico 16 - Diminuição das temperaturas do minério ao longo do forno em função dos desarmes do queimador.....	77

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - <i>E-mail</i> do fornecedor enviado ao gerente de área	39
Quadro 2 - <i>E-mail</i> do gerente de área enviado aos supervisores e operadores	40
Quadro 3 - Relação entre o processo produtivo e as intervenções do operador.....	66
Quadro 4 – Comparação entre o manual de operação elaborado pelos fornecedores e as Situações 01 e 02	71
Quadro 5 - Relação dos conceitos científicos e espontâneos com seus respectivos pontos fortes e fracos	84
Quadro 6 - Relação da língua materna e da estrangeira com seus respectivos pontos fortes e fracos	86
Tabela 1 - Valores dos ajustes nos combustíveis	47
Tabela 2 - Valores dos ajustes mais significativos (> 100 kg) nos combustíveis	62

SUMÁRIO

1 A DIFÍCIL COOPERAÇÃO ENTRE ENGENHEIROS E OPERADORES	14
2 CONHECIMENTO FORMAL E CONHECIMENTO TÁCITO.....	22
2.1 Conhecimento formal	23
2.2 A descoberta do conhecimento tácito	26
2.3 Do tácito ao formal – esclarecendo esse caminho	27
2.4 Operador x engenheiro.....	30
3 PERCURSO METODOLÓGICO E DEFINIÇÃO DOS CASOS.....	32
3.1 Contexto geral e relação com o projeto de pesquisa-ação mais amplo	32
3.2 Demanda inicial	33
3.3 Campo de análise, técnicas de observação e entrevistas.....	35
3.4 Caso dos cliques.....	38
4 ANÁLISE DA ATIVIDADE	42
4.1 O processo de calcinação	42
4.2 Os casos dentro do estudo de caso.....	46
4.3 Variação na quantidade de minério.....	50
4.4 Análise da atividade: primeiro conjunto - Alimentação instável.....	53
4.4 Análise da atividade: primeiro conjunto - Alimentação estável.....	60
4.5 Modelo expertise x variabilidade	65
4.5.1 <i>O esperado nem sempre acontece.....</i>	<i>67</i>
4.5.2 <i>O prejuízo de um em benefício de outro.....</i>	<i>68</i>
4.6 Análise da atividade: segundo conjunto - Situação 01 e Situação 02.....	68
4.6.1 <i>Estratégia para não fazer purga</i>	<i>77</i>
5 MODELOS DE ENGENHARIA, EVENTOS E ATIVIDADE SITUADA:	
POR QUE ENGENHEIROS E OPERADORES NÃO SE ENTENDEM.....	79
5.1 Vigotski: conceitos espontâneos, científicos e o caminho de volta	80
5.1.1 <i>Do espontâneo ao científico – via de mão dupla</i>	<i>83</i>
5.2 Formação de conceitos pragmáticos: Didática Profissional	87
5.2.1 <i>Antes da explicação, a ação</i>	<i>88</i>
5.2.2 <i>Como a teoria guia a ação?</i>	<i>90</i>
5.3 Como os operadores utilizam conceitos em situação.....	95
5.3.1 <i>A sensibilidade ao contexto.....</i>	<i>97</i>
5.3.2 <i>A temporalidade.....</i>	<i>99</i>

5.3.3 <i>O que é o trabalho de vigilância: racionalidade da atividade dos operadores.....</i>	100
6 CONCLUSÃO: POR UMA CO-LABORAÇÃO BASEADA NO RECONHECIMENTO DE DIFERENÇAS.....	104
6.1 A racionalidade dos modelos de engenharia	104
6.2 A racionalidade da atividade	105
6.3 Os engenheiros como trabalhadores	106
6.4 Consequências práticas deste trabalho.....	107
REFERÊNCIAS.....	110

1 A DIFÍCIL COOPERAÇÃO ENTRE ENGENHEIROS E OPERADORES

Na tentativa de superar o taylorismo, diversos modelos de organização têm assumido como princípio a participação dos trabalhadores para assegurar a eficiência e a qualidade da produção. O modo mais comum são os círculos de controle de qualidade (CCQs), grupos de trabalhadores que desenvolvem e implementam melhorias nas rotinas de trabalho (ditas inovações incrementais). Nos países nórdicos, grupos semiautônomos tiveram certo desenvolvimento nos anos 1970. No cenário brasileiro, algumas empresas adotam o sistema de equipes autogerenciáveis (FLEURY in FLEURY; FISCHER, 1987; FLEURY; VARGAS, 1987; SALERNO, 2000). Eventualmente, os operadores são realmente chamados a participar de projetos de novas instalações, aproveitando a experiência que acumularam na operação de unidades semelhantes. Aspecto significativo dessa tendência que marca a época atual é que não se fala mais em “assalariados”, “funcionários” ou “empregados”, mas sim em “colaboradores”, termo que serve para esconder os conflitos da relação assalariada, mas tem a virtude de reconhecer implicitamente que a eficiência depende do envolvimento voluntário dos trabalhadores.

Para se efetivar, essa participação requer mudanças concomitantes em diversos aspectos do trabalho e da organização. Para isso é necessário, evidentemente, que os trabalhadores estejam motivados a cooperar com engenheiros e gestores e identifiquem interesses em revelar seus conhecimentos e perspicácia. As chamadas greves do zelo, ou operação-padrão, são provas ao contrário da importância da experiência dos trabalhadores, e revelam quanto a produção depende de seu envolvimento além do que está previsto no trabalho a eles indicado (LIMA in GOULART, 2002).

Já em relação à forma de gestão, os trabalhadores ganham mais autonomia e responsabilidade, sendo-lhes concedido certo tempo para refletir sobre os problemas encontrados, analisando-os; por seu lado, os superiores hierárquicos devem assumir um estilo de liderança baseado na comunicação e no diálogo e menos na autoridade do cargo.

Todavia, diversos estudos baseados em pesquisas de campo e em evidências relacionadas ao funcionamento efetivo desses processos participativos demonstram que a participação está aquém do que se promete, frustrando até mesmo aqueles trabalhadores que se envolvem subjetivamente e que gostariam de colocar sua experiência à disposição da melhoria da produção ou do projeto de novas instalações. Independentemente dessas tendências atuais em busca de participação, os trabalhadores sempre investiram na melhoria dos processos e equipamentos, movidos por interesses intrínsecos a sua própria atividade e por seu senso de profissionalismo.

Tudo, portanto, pareceria confluir para o melhor dos cenários. Dadas as condições objetivas e subjetivas favoráveis à cooperação, o reconhecimento organizacional de uma motivação intrínseca ao trabalho deveria potencializar a inteligência coletiva e favorecer o retorno da experiência dos trabalhadores. Por que, então, a colaboração não se desenvolve e a oposição entre mandantes e mandados, superiores hierárquicos e subordinados, engenheiros e operadores continua a existir de modo semelhante aos sistemas organizacionais burocráticos e taylor-fordistas, caracterizados pela separação entre planejamento e execução? Por que, apesar dessa vontade manifesta, a divisão intelectual do trabalho entre engenheiros e operadores continua a prevalecer?

O objetivo desta dissertação é fornecer respostas a essas questões a partir da análise de elementos que retratam especificidades da atividade dos operadores, acentuando as diferenças destas em relação às representações que os engenheiros possuem do trabalho de seus subordinados. As análises serão desenvolvidas no âmbito da atividade concreta (denominada pelos ergonomistas de trabalho real), evidenciando características que explicam por que a intercompreensão entre engenheiros e operadores é um caminho não apenas cheio de obstáculos, mas cujos sujeitos seguem em sentidos opostos quando se confrontam suas perspectivas.

A hipótese aqui formulada é que determinadas características da atividade dos operadores de controle de processos contínuos são objetivamente conflitantes com dois aspectos da atividade dos engenheiros, seja quando estes atuam sobre o processo, seja quando definem normas e procedimentos que os operadores devem

seguir. Portanto, esta dissertação não discutirá a relação de poderes por si só, ou de simples problemas de comunicação, mas sim da explicitação “técnica” das razões por detrás dessa falta de intercompreensão.

Essa hipótese de dissonância entre a atividade do operador e a do engenheiro e entre as visões que as pessoas têm da própria atividade e da atividade do outro é pertinente aqui, desde que se considerem duas limitações. Trataremos de apenas dois aspectos da atividade do engenheiro, porque o trabalho real desse ator, enquanto trabalhador que também é, não foi objeto de análise direta, baseada em observações e variáveis comportamentais, com a riqueza de detalhes como foi analisada a atividade dos operadores. Aqui, o trabalho se limita a analisar as representações dos engenheiros e suas ações direcionadas a dois objetos: (1) o projeto e controle do processo de produção e (2) o projeto do trabalho dos operadores. Ou seja, sua atuação direta sobre o processo de produção e sua atuação indireta, mediada por instruções direcionadas aos operadores. No final, o objetivo é apenas um: manter o processo de produção sob controle, quer atuando diretamente sobre o projeto do processo (projeto de equipamentos, parametrização do processo, balanço de massas...), quer “parametrizando” a ação dos operadores, isto é, projetando as tarefas em diferentes níveis de detalhamento. Os operadores aparecem, assim, como mais um elemento do processo de produção, o qual, como todos os outros (equipamentos, processos, materiais, planejamento...), acaba sendo tratado dentro de um mesmo modelo, que desconsidera as especificidades da atividade humana, em especial o que é a vigilância de um processo contínuo de produção.

Até que ponto as explicações para os conflitos entre engenheiros e operadores aqui propostas, profundamente enraizadas na natureza do trabalho de vigilância de um processo automatizado e contínuo, podem ser generalizadas para outros tipos de produção (indústria mecânica, construção civil...)? As análises do trabalho real, realizadas em diversos campos, tais como ergonomia, psicologia do trabalho, ergologia, sociologia do trabalho e estudos sociais da ciência e tecnologia, evidenciam sistematicamente a distância entre os modelos formais dos engenheiros e a atividade concreta dos operadores ou mesmo a realidade do processo. Quanto à generalização dos resultados, fundamentados em observações de situações de trabalho de controle de processos contínuos (metalurgia), durante a etapa de *ramp-up* de uma unidade de

produção de níquel, pelo menos dois cuidados se impõem. Do ponto de vista mais geral, sem prejudicar as explicações sobre essas diferenças, o que se mostra no caso do controle do processo de produção de níquel é certamente um fenômeno geral. Mas, o que se coloca no foco da análise são as especificidades da atividade de vigilância em processo contínuo, em período transitório (*ramp-up*), apresentando uma particularidade a ser considerada na análise dos resultados desta pesquisa e sua eventual generalização.

Não por acaso, a análise empírica foi definida para fundamentar a discussão tanto no período transitório (*ramp-up*) quanto em momentos de produção estabilizada. Selecionamos, dentre o material empírico, dois conjuntos de casos¹: um diz respeito ao conflito entre o modo de controle da engenharia e os modos operatórios dos operadores; outro se refere aos limites das regras preestabelecidas para gerir situações de variação em produção estável, contidas no manual de operação criado para o período de produção estável.

Esses casos permitem discutir (e generalizar) duas questões importantes: 1) o que permite estabilizar um processo (as curvas de aprendizagem durante a etapa de *ramp-up*) no período transitório; 2) como, estando o processo estabilizado, os operadores “aplicam” as regras e procedimentos operacionais (PRO) para lidar com eventuais alterações das variáveis de controle.

De forma breve, durante o *ramp-up*, os operadores estão criando regras de controle, que serão aplicáveis tão somente com o processo estabilizado, pois têm que lidar com grande quantidade de variáveis e fatores desconhecidos, que causam perturbações que se somam às oscilações “normais” do processo. Para conseguir manter o processo dentro dos parâmetros aceitáveis, é necessário criar regras *ad hoc*, também temporárias, que caducam assim que a fonte de perturbação é eliminada. Por exemplo: no início da produção, com as balanças descalibradas, os operadores criaram uma estratégia de correção da quantidade do minério através da amperagem da correia transportadora; tal estratégia deixou de ser utilizada assim que as balanças passaram a ser calibradas. Para manter o processo sob controle no *ramp-up*, é

¹ O termo “casos” se refere às situações vividas pelos operadores.

necessário, às vezes, transgredir ou relaxar as margens de variação dos parâmetros do modelo nominal, previstas para a produção estável. Assim, a regra que supostamente funcionará em um caso (produção estável) não pode ser aplicada tal qual durante a etapa de *ramp-up* (produção instável). Esta se assemelha mais a uma experimentação que a um teste (COLLINS; PINCH, 2010), dada a imprevisibilidade e o desconhecimento do que de fato está influenciando o processo no *ramp-up*.

Estamos, se permitida a analogia, mais próximos da ciência revolucionária que da ciência normal, nos termos de Kuhn (1996). Os operadores, com efeito, estão desenvolvendo um modelo operacional com conceitos pragmáticos, que emergem da prática (PASTRÉ apud FERREIRA, 2014) para dar conta das variabilidades do processo. Uma vez descobertas e eliminadas as perturbações “externas” (ou internalizadas em um novo modelo operacional diferente do modelo nominal dos engenheiros que projetaram o processo), o controle do processo pode ser mais rotineiro, quando os operadores ficam apenas “dando toquinhos” (LIMA; DINIZ in DUARTE, 2000) para lapidar os parâmetros e deixar o processo “redondo”, como um avião que voa em piloto automático em céu de brigadeiro (LIMA; DINIZ in DUARTE, 2000). Mesmo neste caso, a atividade de vigilância implica certo jogo com as regras e a expertise, que se manifesta sob a forma de “toques”, e requer antecipação e presença para agir no momento certo, alterando um parâmetro na dose certa, conforme a configuração específica do processo e da produção naquele momento. Variável fundamental do modelo operacional é que cada equipamento possui uma “personalidade” diferente, alguns são mais lentos, outros mais “nervosos” ou instáveis, mesmo respondendo a um comando idêntico.

Essas situações permitem a retomada à questão inicial com novos elementos. Os conflitos entre engenheiros e operadores se explicam, assim, por uma causa principal – orientações práticas diferentes –, de onde se derivam alguns corolários. O ponto central de divergência é a orientação das atividades que vão em direções contrárias: enquanto os engenheiros querem definir um modelo formal, relativamente estável, do processo; os operadores visam a situações singulares, quase caso a caso, o que Peirce denomina de “abdução”, conforme Theureau (2014). Ambos têm o mesmo objetivo: estabilizar o processo, mas partem de perspectivas opostas: uns, do modelo nominal que a teoria ou o fornecedor apresentou (nos referimos aqui ao manual

elaborado pelos fornecedores do equipamento do contexto estudado); outros, das situações relativamente caóticas de um processo ainda indomado, que apresenta mais mistérios que certezas, atentando e elaborando regras *ad hoc*, que pouco a pouco se aglutinam em um modelo mais ou menos coerente, apresentando-se, assim, mais como um “saber em mosaico” (DE KEYSER apud LIMA in ENEGEP, 1998, p. 3). Dessa contradição fundamental, podem ser derivados alguns corolários que permitem esclarecer por que o diálogo entre engenheiros e operadores é tão difícil:

1. O resultado final do trabalho do engenheiro é sempre a formalização em modelos mais ou menos abstratos, mesmo quando são modelos empíricos; enquanto os operadores pouco se preocupam em formalizar seus modelos operacionais, práticos, estando sempre à frente e buscando lidar com casos únicos;
2. Qualquer tentativa de formalizar as regras práticas fica aquém do que os engenheiros precisam para projetar equipamentos, processos e procedimentos operacionais, enquanto, para fins práticos, os modelos da engenharia são insuficientes para os operadores, pois são apenas momentos de generalizações, que devem, em seguida, retornar à vida concreta;
3. O caráter lacunar dos modelos operacionais não se deve ao déficit de linguagem dos operadores, mas à maior complexidade dos fenômenos reais e da prática, que tenta dominar essa realidade rebelde, enquanto os engenheiros valorizam os formalismos e expressões em diversas linguagens. Evidentemente, não são os operadores que devem formalizar sua experiência prática, pois esta transcende qualquer formalização, precisamente por ser experiência (vívda) e por ser prática;
4. Estando na posição de observadores externos, os engenheiros apenas percebem os sinais da atividade (por exemplo, os cliques dos operadores, no sistema supervisorío de uma sala de controle), cujo sentido profundo lhes escapa, e os tratam como dados (“informações rasas”). Por outro lado, tais sinais são acessíveis aos operadores, para quem esses são sintomas de complexos subjacentes (informações “profundas”). Como gestores, os engenheiros tendem a objetivar a atividade em indicadores, enquanto os operadores dão sentido, reinterpretam e significam os sintomas em configurações mais amplas, que tendem ao singular, ao caso único.²

² Nesta dissertação, definiu-se como “sinais” a forma mais superficial como os engenheiros enxergam os cliques (dados); e como “sintomas” a forma mais aprofundada como os operadores enxergam os mesmos.

5. Por trabalhar com modelos mais formais, os engenheiros conseguem explicitar mais as razões teóricas e abstratas para defender seus modelos, enquanto os operadores, na maioria dos casos, só têm sua prática vivida para dar suporte às suas posições. Assim, na dita “sociedade do conhecimento”, em que aquilo que é explicitado parece ter mais valor, o operador se vê em desvantagem.

Para apresentar o trajeto e os resultados desta pesquisa, que se apresenta como um estudo de caso no âmbito de uma pesquisa-ação mais ampla (THIOLLENT, 2005), esta dissertação está estruturada em seis capítulos, incluindo esta introdução.

No capítulo 2, relacionamos a questão inicial com o movimento atual de capitalização da experiência dos trabalhadores, ou de “gestão de conhecimento”, no jargão empresarial e da Administração. Do que se discute nesse movimento, são destacadas as principais características e diferenças do conhecimento formal e do conhecimento tácito, com o objetivo de iniciar o esclarecimento da oposição entre operadores e engenheiros e do contexto que encontramos em campo.

O capítulo 3 consiste em apresentar o contexto geral da pesquisa e sua relação com o projeto de pesquisa-ação mais amplo. Juntamente com a exposição da trajetória metodológica e a descrição do “caso dos cliques” (situação que foi ponto de partida para a escolha de outras situações a serem analisadas também de forma aprofundada).³

No capítulo 4, são fornecidos elementos descritivos específicos sobre o processo produtivo, necessários para o entendimento da análise da atividade dos operadores de sala de controle apresentada em seguida. Antes da análise propriamente dita, são descritos os casos escolhidos para análise a partir do “caso dos cliques” (os casos dentro do estudo de caso), justificando-se essas escolhas.

Os resultados obtidos através da análise da atividade permitiram gerar um modelo explicativo da relação entre expertise e variabilidade, considerando o estado do

³ O termo “caso”, dentro do que chamamos de “caso dos cliques”, foi utilizado porque os próprios operadores assim denominavam o ocorrido. Assim como dissemos anteriormente, se refere a uma situação vivida pelos operadores.

processo, nos moldes das matrizes de dupla entrada que a teoria da contingência (PERROW, 1984) utiliza para caracterizar os sistemas organizacionais.

Diferentemente do formato padrão, optamos por trazer os elementos conceituais na medida do necessário, conforme os preceitos da *grounded theory* (TAROZZI, 2011), apresentando o quadro teórico de análise dos dados apenas no Capítulo 5, no qual se privilegiam teorias que explicam a formação de conceitos (espontâneos, científicos e pragmáticos) e a maneira como os operadores os utilizam em situação (ação e cognição situadas, curso da ação). A apresentação do quadro de referência geral e dos conceitos mais analíticos, que permitiram compreender melhor o material empírico coletado nos casos, possibilitou a comparação entre certas características da atividade dos operadores e certos objetos do trabalho dos engenheiros, que explicam por que persistem as incompreensões entre essas categorias profissionais a respeito da condução do processo de produção.

Na conclusão (capítulo 6), retomamos a hipótese inicial e sugerimos algumas orientações práticas para tornar a participação dos operadores mais efetiva, delimitando, sobre a base de características próprias a cada atividade, campos e modos de atuação de engenheiros, supervisores e operadores, entendendo a cooperação como uma colaboração (FERREIRA, 2004), isto é, como trabalhos diferentes se associam e se combinam, cada qual com seus próprios objetos, regras e expertises.

2 CONHECIMENTO FORMAL E CONHECIMENTO TÁCITO

A indagação inicial, “por que a colaboração não se desenvolve e a oposição entre engenheiros e operadores continua a existir?”, que direciona esta dissertação, remete a uma questão mais geral – a relação entre conhecimentos formais e saberes práticos –, vista nos contextos industriais atuais, caracterizados por uma organização hierárquica e uma “repartição desigual de conhecimentos, de acesso a informações, de formação e de tempo para reflexão e formalização da experiência adquirida” (LIMA in ENEGEP, 1998, p. 4). Por isso, revisamos neste capítulo o movimento atual de “gestão de conhecimento” no mundo corporativo e acadêmico, e as principais características e diferenças entre o conhecimento formal e o conhecimento tácito nesses contextos. Dessa forma, se inicia o esclarecimento da oposição entre operadores e engenheiros, e se configura uma prévia do contexto que encontramos em campo (descrito no capítulo 3).

A contraposição entre o conhecimento formal e o conhecimento tácito pode caracterizar o conflito entre operadores e engenheiros, uma vez que,

[...] assim como o conhecimento formal (teorias, métodos e técnicas) pode se instituir em forma superior e ditatorial sobre a experiência vivida na organização do trabalho, os representantes e detentores destas formas de conhecimento [os engenheiros] podem monopolizar as condições que favorecem sua aquisição (e reprodução), em detrimento dos que detêm as formas mais imediatas e operacionais de saber [os operadores] (LIMA in ENEGEP, 1998, p. 4-5).

Também neste capítulo, diante do contexto conflituoso entre os detentores do conhecimento formal e os detentores das formas mais operacionais de saber encontrados em campo, se fará uma necessária ressalva no que diz respeito ao posicionamento dos pesquisadores em relação a essa oposição entre operadores e engenheiros.

2.1 Conhecimento formal

A elaboração de procedimentos técnicos⁴ é uma tendência mundial no âmbito corporativo, reforçada pela ênfase que atualmente se dá ao conhecimento e ao capital imaterial. Tempo e dinheiro são investidos para que o conhecimento seja preservado como patrimônio, ou seja, que esteja assegurado na empresa e não à mercê das pessoas que trabalham ou não ali. Todo esse investimento é justificado pela crença de que esse patrimônio é a garantia do bom funcionamento da empresa. Espera-se que o conhecimento das pessoas “transformado” em normas operacionais, formalizadas em procedimentos ou inscritas nos dispositivos técnicos, seja suficiente para a realização do trabalho ou controle da produção de modo geral.

Essa racionalização da produção, reflexo de princípios do modelo determinista,⁵ já avançou tanto no reconhecimento da distância entre os modelos formais e a realidade quanto no reconhecimento da participação do operador. De acordo com Lima (in JEAN, 2005), os modelos organizacionais prescritivos baseados no princípio de melhoria contínua têm como princípio intrínseco o reconhecimento da distância entre os modelos formais e a realidade. Ou seja, ao cumprir o objetivo de controlar a instabilidade do ambiente a fim melhorar o desempenho, a modelização já considera como provisório o que se conhece em dado momento sobre os processos de produção, gerando, como consequência, frequentes reformulações nos modelos.

Em relação à participação do operador, o mesmo autor reconhece os avanços do modelo prescritivo na implantação de normas de cuja elaboração o operador participa, mas aponta que essa lógica prescritiva, “ainda que evoluindo em direção a uma metodologia participativa e dinâmica, nega a historicidade dos atos dos trabalhadores, que só participam a título de fornecedores de informação” (LIMA in JEAN, 2005, p.

⁴ Os procedimentos técnicos, no contexto corporativo, podem ser exemplificados pela elaboração e reforço de procedimentos operacionais (PROs), instruções de processo (IPs), regras de ouro, regras de segurança, etc. Independentemente do nome adotado, esses procedimentos técnicos possuem a característica de “dizer ao trabalhador o que se deve fazer”.

⁵ O modelo determinista é definido como sendo “1) uma teoria do controle, segundo a qual pode-se definir do exterior o comportamento do sistema comandado; 2) a previsão e a estabilidade de um ambiente supostamente conhecido e perfeitamente modelizável; 3) a padronização de procedimentos e a normalização do trabalho e de sua organização” (TERSSAC; DUBOIS apud LIMA in JEAN, 2005, p. 51).

55). Mesmo num padrão que considera certa margem de variação, admitindo-se inclusive que deve ser revisto periodicamente, a diferença entre o modelo teórico e a realidade serve apenas como ponto de partida para o aperfeiçoamento do modelo. É uma eterna “caça” à variabilidade. Esta é sempre considerada, desde que seja devidamente controlada, servindo ao modelo como força motivadora para torná-lo sempre atualizado e mais eficiente.

A participação dos operadores na elaboração de normas já se tornou frequente em empresas industriais. Não foi diferente no contexto da pesquisa para esta dissertação; em que era comum o “deslocamento” de um operador para reuniões de revisão das instruções de processo (IPs).⁶ Na empresa pesquisada, esses documentos deveriam ser frequentemente revisados por um conjunto de operadores e técnicos. De acordo com os próprios operadores, as IPs, mesmo revisadas por eles, estavam muito distantes da atividade que desempenhavam. Um deles manifestou: “é impossível colocar o que a gente faz na IP”.

No entanto, os engenheiros consideram que o essencial do trabalho se encontra formalizado nos procedimentos. Ou seja, que é possível um operador ou técnico fornecer informações para a elaboração de uma cascata de regras do tipo “se... então...” e que esses procedimentos formalizados facilmente substituem a ação (e o conhecimento ali envolvido) do operador. Seguindo o exemplo dos “modelos conexionistas” em inteligência artificial, os operadores são considerados descartáveis à medida que os informáticos extraem deles as regras operatórias diretamente dos atos registrados no sistema informático ou nos documentos de trabalho (LIMA in JEAN, 2005).

Contrariamente à crença da engenharia de que é possível substituir a ação por regras, a realidade mostra situações em que os operadores fogem a suas próprias regras. Eles fazem outros julgamentos cujas regras e procedimentos, por detrás de sua habilidade, são desconhecidos até para eles mesmos. Dreyfus e Dreyfus (2012) abordam esse ponto ao explicarem por que os “engenheiros do conhecimento”

⁶ As IPs são um exemplo de procedimento técnico.

enfrentam problemas na tentativa de que um “expert” expresse suas regras e por que os sistemas especialistas jamais serão tão bons quanto ele:

[...] quando se pede a um expert que expresse uma regra, o que se faz, com efeito, é forçar o expert a regredir ao nível de um iniciante e a dizer aquelas regras das quais ele ainda se lembra, mas que não mais usa. Ao se programar essas regras em um computador, pode-se usar a velocidade e a precisão do computador, bem como sua habilidade para armazenar e acessar milhões de fatos, para superar um iniciante humano que use as mesmas regras. Mas não há quantidades de regras e fatos que possa abarcar o conhecimento que um expert tem após estocar suas experiências dos resultados efetivos de dezenas de milhares de situações. (DREYFUS; DREYFUS, 2012, p. 114)

Em outras situações o operador decide não utilizar uma regra, por exemplo, quando opta por desligar determinado automatismo. Ou seja, só ele é capaz de decidir quando usar ou não a regra expressa naquele programa.

Em suma, na visão da engenharia, o elo mais fraco do sistema produtivo é o ser humano. Como disse um engenheiro, “[os operadores] não têm de fazer muita coisa” e, se o fazem, geram instabilidade na operação das máquinas ou sistemas de produção que estão funcionando bem. Orr (1998, p. 451) mostrou que o mesmo acontece para os técnicos de manutenção de máquinas copadoras: “(...) o discurso do gerente contém a alegação de que o trabalho não é qualificado e foi reduzido a ‘meramente’ seguir as instruções” (tradução nossa).⁷

Não é só no campo da engenharia de controle e automação que o “sucesso” do sistema de regras formais esbarra na dita “limitação do ser humano”. A engenharia de segurança, por exemplo, com inegáveis ganhos na prevenção de acidentes, considera o “erro humano” como o grande responsável pelos acidentes. Como se o fato de os operadores não cumprirem as normas explicasse a ocorrência dos acidentes.

Tanto os automatismos, quanto os procedimentos operacionais não são suficientes para regular as condições de trabalho, porque ambos são gerados a partir da maneira como um sistema de produção deve funcionar, ou a partir de uma situação ideal na qual todos os riscos e imprevistos são eliminados. Em nenhum deles é possível

⁷ No original: “[...] the management discourse contains the claim that the work is not skilled and has been reduced to ‘merely’ following instructions”.

abarcam todas as fontes de variabilidades, presentes nos processos produtivos, enfrentadas pelos trabalhadores. É a experiência dos trabalhadores e o conhecimento tácito que dela advém o que permite que a prática se desenvolva em situações reais de trabalho.

2.2 A descoberta do conhecimento tácito

O conhecimento formalizado considera essas variabilidades presentes nos processos produtivos somente a partir de uma significativa limitação de sua configuração. O operador não. Por exemplo, na pesquisa, ao solicitar a um operador que descrevesse sua ação em determinada etapa de um processo, ele respondeu: “depende”. Foi impossível desvendar o “depende” com a simples pergunta “depende do quê?”. Para responder a essa pergunta ou os operadores se limitavam a falar sobre as variáveis que influenciavam sua ação e que estão contidas no modelo do processo ou simplesmente respondiam: “depende de tanta coisa que não dá pra falar”.

Estabelecendo uma analogia com algo mais próximo da realidade de quem não está inserido no contexto industrial, suponha a seguinte situação: fazer uma busca no Google Maps do caminho de sua casa até o trabalho. O *software* “escolhe” o “melhor caminho”: indica as possibilidades, destacando o de menor distância e considerando o fluxo de carros naquele momento. Porém, quando fazemos essa escolha, aumentamos os critérios de julgamento do “melhor caminho”. Não é só a menor distância e o fluxo de veículos que determinam nossa escolha. Consideramos, por exemplo, se um caminho é mais perigoso à noite e não oferece risco durante o dia; se um caminho, mesmo que mais distante, nos faz passar próximo à loja do produto que precisamos comprar; se um caminho, mesmo com um trecho de maior fluxo, serve para darmos uma carona a um colega de trabalho; etc. Depende de tanta coisa que “não dá pra falar”.

Assim como a escolha que fazemos do caminho é determinada por incontáveis critérios de julgamento, a ação dos trabalhadores e o conhecimento tácito ali envolvido são determinados por essa complexidade em toda sua extensão e profundidade. No contexto industrial, por exemplo, a decisão de interromper o funcionamento do equipamento pode estar a cargo de um automatismo. Porém, isso só é possível se

antes forem definidas as condições que configuram a necessidade dessa ação (se atingir determinada temperatura, se a pressão estiver em determinada faixa de tolerância etc., o equipamento será desligado). Mesmo que a lógica por trás do automatismo considere vários parâmetros, o julgamento, a decisão e a ação do operador vão muito além do que o computador consegue fazer. Desligar o equipamento para uma manutenção não prevista ou até mesmo desligá-lo antes que a manutenção se torne necessária será uma decisão do operador, que envolve não só a combinação de parâmetros objetivos, mas também de aspectos subjetivos do contexto e sua experiência naquela situação de trabalho. Como se verá no capítulo 4, no caso denominado “Alimentação instável”, o operador experiente parece considerar o “temperamento” do equipamento: “Podemos esperar tudo desse forno. A temperatura ali [na descarga] pode aumentar de um minuto para o outro”.

Apenas parte da realidade cabe na lógica da máquina. Gerir o cotidiano incerto é responsabilidade de trabalhadores que possuem o conhecimento tácito específico da área, conhecimento esse que não é passível de explicitação, pelo menos não completamente.

Essa incapacidade do conhecimento explícito (formal) de abarcar a realidade complexa não o torna dispensável. Os procedimentos operacionais, as regras, os manuais, os sistemas operacionais, as máquinas têm sua função, sobretudo para acumular os conhecimentos formais que constituem um patrimônio legado às gerações futuras. São objetivações que servem, por exemplo, de apoio à formação dos trabalhadores novatos. São capazes de acumular o que é contável, conhecido e não ambíguo. Mas esses são insuficientes: sem o conhecimento tácito dos trabalhadores a produção não é possível, pois somente esse conhecimento vivido dá conta de gerir o que é incontável, desconhecido e ambíguo.

2.3 Do tácito ao formal – esclarecendo esse caminho

A tendência do mundo corporativo referida no início deste capítulo (no Item 2.1) se repete no mundo acadêmico. No campo das Ciências Econômicas, alguns autores defendem a possibilidade de “passar” o conhecimento de pessoas experientes para máquinas e, assim, permitir que leigos (quem não possui conhecimentos

especializados) consigam atuar da mesma forma como profissionais experientes. Isso porque acreditam ser possível explicitar e incorporar o conhecimento tácito de trabalhadores experientes em máquinas. Um caso paradigmático é a história da invenção da máquina de fazer pão no Japão, relatada por Nonaka e Takeuchi (1995).

Em crítica a essa linha de pensamento e fundamentado na análise do fazer pão, Ribeiro e Collins (2007, p. 1417) esclarecem o que está por trás dessa “mágica conversão” de conhecimento no caso da máquina de fazer pão: “o êxito da máquina e de seu manual se deve àquilo que os outros atores humanos trazem para o cenário da produção mecanizada de pão”.

Os autores comprovam que o “fazer pão” com a máquina não pressupõe a “transferência de conhecimento” do mestre-padeiro para ela. O que acontece é a substituição de certas ações e a imitação de outras.

Quando realizadas pelo mestre-padeiro, as ações apresentam comportamentos diversos, dependendo das circunstâncias sociais (ações polimórficas). Quando, em substituição, o humano-usuário da máquina realiza tais ações, as escolhas apresentadas a ele são limitadas. Por exemplo, quanto ao tamanho e forma do pão,

[...] parte da habilidade de um padeiro-chefe é escolher tamanhos e formatos, até mesmo inventar novos [enquanto] a máquina oferece a possibilidade de assar somente dois tamanhos de pão em um único formato cuboide (RIBEIRO; COLLINS, 2007, p. 1422).

No que diz respeito à imitação, as ações podem ser executadas de formas diferentes, mas de modo tal que essa distinção se torna indiferente (ações mimeomórficas). Por exemplo, a máquina de fazer pão imita a ação de misturar e sovar presente no trabalho humano manual de fazer pão. Mas, cabe aqui ressaltar que, para tal imitação, antes foi necessário que o humano usuário da máquina selecionasse e medisse os ingredientes, estabelecesse o programa e o tamanho do pão. Como apontam os autores:

[...] o conhecimento tácito do mestre-padeiro não foi explicitado e tampouco incorporado na máquina. Parte dele foi substituído pelo conhecimento tácito de outros atores trazidos ao cenário da fabricação automática de pão, como os usuários em suas casas, os trabalhadores na fábrica e os especialistas da assistência técnica, ao passo que uma outra parte desaparece

completamente para dar lugar a um conjunto de produtos e procedimentos padronizados (RIBEIRO; COLLINS, 2007, p. 1418).

O mesmo pode ser dito quanto ao conhecimento tácito dos operadores e os procedimentos técnicos, se considerarmos o amplo conceito de máquina proposto por Collins e Kusch (2010). Esses autores chamam:

[...] todos os entes que não podem executar ações polimórficas de “máquinas”. Isso atribui ao termo uma ampla extensão. As máquinas que discutimos incluem pontes, geladeiras, botas, bicicletas, burocracias, foguetes, canoas, máquinas de lavar carros, computadores, máquinas-ferramentas, pistolas de pintura, moldes de gesso, animais, exércitos, bombas a vácuo e lanchonetes McDonald’s.

Também aplicamos o termo “máquina”, no seu sentido mais convencional, aos elementos da lista acima que normalmente contenham engrenagens ou chipes de silicone. Não há nenhuma confusão aqui. Segundo nossa teoria, as relações que existem entre os humanos e as máquinas-convencionalmente-entendidas-como-tais são as mesmas que distinguem os humanos das máquinas-definidas-como-tais-segundo-nossa-definição-ampla (COLLINS; KUSCH, 2010, p. 2).

Dessa forma, os procedimentos técnicos podem ser definidos, enquanto conjunto de regras lógicas, como máquinas e, de maneira semelhante à pesquisa de Ribeiro e Collins (2007), a análise da atividade dos operadores pode ratificar a afirmação de que o conhecimento tácito dos operadores não é explicitado e tampouco incorporado nos procedimentos técnicos.

Mesmo com os procedimentos técnicos à disposição, é necessário o conhecimento tácito dos operadores. Imagine o que aconteceria se a qualquer um fosse dada a responsabilidade de seguir aquelas instruções. Possivelmente algumas palavras nem seriam entendidas. Isso ressalta a importância do entorno, ou seja, a importância dos “membros do grupo mais amplo de humanos no qual a maquinaria está imersa” (RIBEIRO; COLLINS, 2007, p. 1418).

Contudo, os procedimentos técnicos e a máquina de fazer pão, assim como toda máquina “inteligente”, são uma “prótese social”. Isso implica que a maneira como funciona “não pode ser entendida se examinada em separado, mas sim pelo exame de como ela se integra à teia de atividades na qual todas as outras atividades humanas estão imersas” (RIBEIRO; COLLINS, 2007, p. 1418).

2.4 Operador x engenheiro

No campo do conflito entre engenheiros e operadores, vale fazer uma ressalva que evitará mal-entendidos, ao mesmo tempo que ajudará a investigar a hipótese central.

Durante a pesquisa, alguns engenheiros criticaram a abordagem que estava sendo desenvolvida, afirmando que estávamos (a equipe de pesquisadores) sendo parciais, que víamos apenas um lado ou que havíamos tomado partido dos operadores, acreditando no que eles falavam e desacreditando no ponto de vista dos engenheiros. As análises subsequentes mostrarão o quanto fomos parciais ou não, mas esse julgamento não pode ser feito sem tocar na questão de fundo aqui tratada.

Por ora, pode-se dizer que tomamos o partido dos operadores naquilo que dizia respeito ao ponto de vista da atividade, ou seja, quando estavam em questão os modos de regulação do processo em situações concretas. Nesse terreno, em que as especificidades das situações singulares “aqui e agora” devem ser reconhecidas para manter o processo controlado, os operadores e supervisores são mestres, ao passo que os engenheiros têm muito a aprender, recolhendo material para elaborar projetos de melhoria ou modelos explicativos com base científica. Já no campo da engenharia, o da abstração, das linguagens formais, as posições se invertem e os engenheiros se tornam, por sua vez, mestres.

É esta combinação de diferenças e experiências, e não a sobreposição de campos de saber, que, acreditamos, pode potencializar a inteligência coletiva e a cooperação entre os profissionais.

Aqui, outra ressalva se impõe. A rigor, como dito acima, não analisamos a atividade ou o trabalho real dos engenheiros, mas apenas parte dele que possui interfaces diretas com o controle do processo, objeto inicial da demanda da qual partimos. Enquanto trabalhadores, os engenheiros também lidam com situações singulares e desenvolvem expertises e saberes tácitos como qualquer outro profissional. No entanto, o produto deles, aqui analisado, deve ser sempre a tradução dos resultados de sua atividade em modelos formais, comunicáveis a seus superiores ou aos operadores, como orientação ou parte da tarefa prescrita. É este aspecto que

colocamos em questão: até que ponto os engenheiros podem determinar o modo operatório dos trabalhadores que lhes são hierarquicamente subordinados? Se a prescrição da tarefa, seja de forma direta, em procedimentos operacionais (PROs), ou mediante algoritmos incorporados aos sistemas automatizados, seja indiretamente, por meio da proposição de modelos explicativos do funcionamento do processo, é inerente à atividade dos engenheiros; como esses modelos e regras abstratas devem se combinar na atividade concreta, aqui e agora, dos operadores?

Não se trata, portanto, de eliminar ou restringir a atividade dos engenheiros, mas sim de reconhecer limites objetivos, fronteiras que exigem todo um trabalho de tradução que, para ser levado a bom termo, demanda a inteligência coletiva de todos os colaboradores.

3 PERCURSO METODOLÓGICO E DEFINIÇÃO DOS CASOS

Considerar o movimento atual de capitalização da experiência dos trabalhadores apresentado no capítulo anterior, em que a gestão do conhecimento explícito se mostra necessária, mas ainda conflituosa, tornará mais compreensível o entendimento do contexto geral do estudo de caso, da demanda inicial e das escolhas metodológicas, apresentados a seguir. Como item complementar, será descrito o “caso dos cliques”.

3.1 Contexto geral e relação com o projeto de pesquisa-ação mais amplo

A pesquisa que deu origem a esta dissertação foi realizada em uma planta industrial de níquel em área remota no norte do Brasil. Apesar de a planta ter sido construída por uma experiente mineradora multinacional, esta é a primeira experiência da empresa em pirometalurgia. Tanto a difícil localização quanto a entrada numa nova área industrial chamaram a atenção para esse contexto.

Por essa razão, os pesquisadores Rodrigo Ribeiro e Francisco Lima realizaram um projeto de pesquisa-ação⁸ que analisa longitudinalmente a aprendizagem (na prática) nesse contexto. Ribeiro esteve presente desde a fase de construção, treinamento pré-operacional e início de produção (2008 a 2011), tendo a entrada de Lima se dado a partir do final de 2011, com a aprovação de um projeto de pesquisa conjunto denominado “Gestão do Conhecimento Tácito: Capitalização da Experiência e Otimização de Resultados em Projetos Industriais”. Com o objetivo de refinar e aumentar o número de análises na fase de operação, outros três pesquisadores se juntaram a eles: cada um se responsabilizou por uma das etapas de produção da planta industrial em questão. Esta dissertação é resultado da pesquisa realizada em uma delas: a área da calcinação.⁹

⁸ A pesquisa-ação é uma abordagem de resolução de problemas com base empírica. O pesquisador participa não só do levantamento de dados, como também, em conjunto com os atores envolvidos, da análise, das tomadas de decisão e da execução das ações (THIOLLENT, 2005).

⁹ A calcinação é uma das etapas do processo de produção do níquel a partir de minério laterítico (1-britagem, 2-secagem, 3-calcinação, 4-redução e 5-refino). Antes dessa etapa, o minério que foi extraído da mina a céu aberto é britado, ou seja, é transformado em um minério homogêneo (tamanho), e disposto em pilhas. A partir dessas pilhas, esse material é retomado para o processo de secagem, que tem como objetivo reduzir sua umidade, idealmente de 25 % para 10 %. O minério

Outro elemento relevante desse contexto era o momento pelo qual a planta passava. Como um todo, a planta estava com a produção reduzida, com variações operacionais e com instabilidades no processo inerentes às etapas de *start-up* e *ramp-up*. Apesar de o desempenho instável ser um fato bem conhecido na partida de qualquer unidade de produção, essas fases ainda são pouco compreendidas no tocante aos processos subjacentes que são efetivos para a estabilização da produção. A curva de aprendizagem que caracteriza o regime transitório de produção é um fato evidente, mas os fatores que definem seu perfil ainda não foram bem determinados. Sabemos que são necessários ajustes nos equipamentos, desenvolvimento de habilidades da mão de obra, controle da matéria-prima, definição de parâmetros (*ranges*) de controle, mas permanecem questões sobre como esses fatores se combinam e se transformam, sobretudo como se influenciam reciprocamente.

3.2 Demanda inicial

Nesse complicado contexto, parte do Gerente Geral de Operação a demanda que deu origem ao estudo discutido aqui. Ela se enquadra na busca pela redução de variabilidade inerente, em especial, a qualquer *ramp-up*, mas incorpora, também, a visão do ser humano como o elo fraco do processo produtivo:

Eu gostaria de fazer uma operação uniforme... Nós só não sabemos como. E nós precisamos saber como. Nós precisamos, nós estamos muito dispostos a tentar os métodos. Nós gostaríamos de ser a primeira... planta pirometalúrgica [nessa companhia] a executar o que eu chamaria de 'a planta única'. Um calcinador; eu sei que nós temos dois deles, mas eu quero só um.

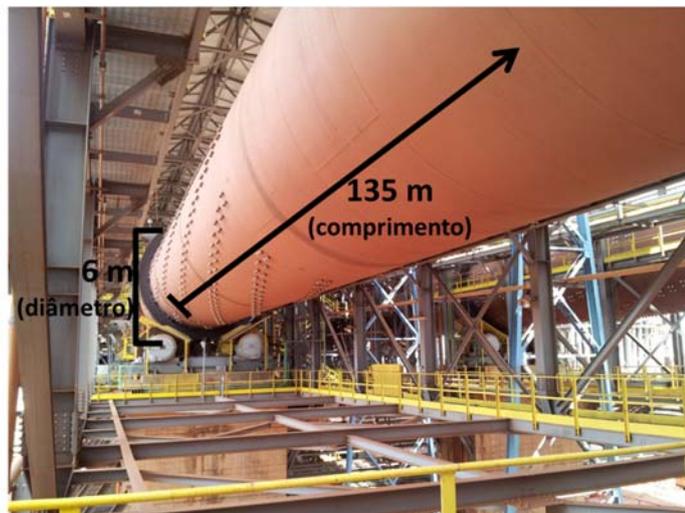
Então, basta imaginar quantas vezes, quantas mudanças em operações temos por aqui. É engraçado! Vá para a sala de controle e os veja, para a primeira hora do turno: clique, clique, clique, clique, clique. Nós temos o jeito do Felipe operar. Nós temos o jeito do Ricardo operar. Nós nunca iremos alcançar nosso objetivo se fizermos dessa maneira...¹⁰ (tradução nossa) (Gerente Geral de Operação)

seco é estocado e alimenta o forno da etapa de calcinação. A calcinação do minério continua a secar o material, mas ao nível estrutural e inicia as reações de redução dos óxidos de níquel e de ferro. O material calcinado alimenta o forno elétrico de redução que continua a reação de redução dos metais. Esse processo separa o material em escória (mistura de óxidos metálicos) e em metal (liga ferroníquel e outros resíduos). A escória então é descartada e o metal passa para a última etapa: o refino (que elimina as impurezas e adequa o metal às especificações do cliente).

¹⁰ No original: "I would like to make uniform operation... We just do not know how. And we want to know how. We want, we are very willing to try the methods. We would be the first... pirometallurgical plant in [this company] to run what I would call 'the one vessel plant'. One kill, I know we've got two of them, but I just want one. So, just imagine how many times, how many changes in operations we have around here. It's funny. Go to the control room and watch them, for the first one hour of the shift: click,

O calcinador, a que o gerente geral de operação se refere, é um forno rotativo de 135 metros de comprimento e seis metros de diâmetro, que pode ser visto na Figura 1. É o equipamento usado para remover o restante da umidade do minério que já passou pelo processo de secagem. A planta possui duas linhas de produção, ou seja, dois calcinadores, que, na visão do gerente, são idênticos, mas operados de maneiras diferentes.

Figura 1 - Calcinador



Fonte: Arquivo da autora.

Como na maioria das indústrias de processos, a operação de equipamentos é feita em salas de controle, e o ‘clique’ mencionado pelo Gerente geral na fala acima é a alteração do valor de alguma variável de controle, com uso do *mouse*, no sistema supervisorio da planta. Os cliques são os ajustes feitos pelo operador, por exemplo, para aumentar ou diminuir a quantidade de combustível utilizada no calcinador.

Essa demanda, já com seu diagnóstico e solução dados pelo Gerente Geral de Operação – a variabilidade no processo de produção é agravada porque os operadores não seguem o padrão operacional – está de acordo com o objetivo de manter o processo de produção controlado. Aqui, conforme a visão da engenharia, acredita-se que a uniformidade é possível e deve ser buscada da mesma maneira em todos os casos. Isto é, assim como a engenharia determina uma especificação para

click, click, click, click. We've got Felipe's way of running. We've got Ricardo's way of running. We will never achieve our goal if we do this [way]...."

as propriedades desejadas das matérias-primas dentro de limites de tolerância bem definidos e, com base nessa especificação se realiza o ajuste dos equipamentos, deve-se criar uma “operação única” para os trabalhadores.

3.3 Campo de análise, técnicas de observação e entrevistas

A partir da demanda inicial do Gerente Geral de Operação, fomos a campo para compreender o que estava por trás do “excesso de cliques” dos operadores. A área da calcinação, citada pelo gerente como exemplo negativo de “vários jeitos de operar”, se constituiu em nosso campo de análise.

Como mostra a Figura 2, a sala de controle – localizada entre os dois fornos calcinadores –, com trabalhadores responsáveis por operá-los em um posto de trabalho, possui seis monitores de controle, dois monitores com imagens internas do equipamento, três teclados, quatro *mouses*, um telefone, um rádio fixo, três rádios móveis e um *notebook*. Foi com esses atores, nesse contexto específico, que se deu a pesquisa empírica apresentada aqui.

Figura 2 - Postos de trabalho dos operadores na sala de controle da área da calcinação



Fonte: Arquivo da autora.

A pesquisadora envolvida esteve presente em campo, acompanhando os operadores na sala de controle, durante um ano e quatro meses. A cada mês, por duas semanas consecutivas, esse acompanhamento era realizado por pelo menos oito horas diárias,

em turnos variados. O que determinava a escolha das semanas, das horas e dos turnos em campo? Por um lado, a necessidade de conciliar as duas semanas de pesquisa com os dias em que os professores orientadores deste estudo também estivessem em campo. Por outro, a necessidade apresentada pelos próprios operadores. Muitas vezes, eles nos indicavam quando aconteceriam fatos relevantes. O julgamento de relevância era feito pelos operadores, uma vez que a pesquisadora não estava familiarizada com aquele contexto.

Essa falta de conhecimento em relação ao contexto e a complexidade do processo produtivo relacionado à calcinação exigiram, por parte da pesquisadora, um período para a familiarização com os termos e conceitos utilizados pelos operadores e para o conhecimento do funcionamento geral da área de calcinação e de suas áreas de interface. Precisar esse tempo é difícil, uma vez que do primeiro ao último dia de pesquisa em campo era possível se deparar com algo novo.

Esse indefinido período de familiarização é também difícil de ser caracterizado, porque não seguiu um modelo “pronto” nem sequenciado. Consistiu em alternadas leituras de apostilas sobre o processo de calcinação, observações globais e abertas da atividade (registros escritos, em imagens e em áudios da situação de trabalho com enfoque no quadro geral do contexto), entrevistas individuais sem um planejamento prévio rigoroso e entrevistas (individuais e em grupo) com o objetivo de esclarecer dúvidas específicas sobre o funcionamento daquela área.

O mais importante foi a imersão naquele contexto. Estar ali e assumir a real posição de desconhecedor daquele processo. Isso contribuiu para uma melhor compreensão, mesmo que incipiente, sobre os acontecimentos naquela sala de controle e sobre a comunidade prática da atividade envolvida. Essa postura também favoreceu a conquista da confiança dos operadores, que conheciam “de cor e salteado” o prescrito e o real da atividade.

Muitos dos registros iniciais foram feitos sem que a pesquisadora soubesse sua importância. Mais uma vez, o julgamento de relevância esteve a cargo dos operadores.

Desses registros iniciais, surgiu o relato de um episódio que estava diretamente relacionado com a demanda apresentada pelo gerente (“excesso de cliques”) e que se tornou foco de investigação para o entendimento dessa demanda em profundidade. Esse episódio era reconhecido e nomeado pelos operadores como sendo o “caso dos cliques” (detalhado em seguida, no item 3.4).

Uma vez identificado o “caso dos cliques” como relevante, nos detivemos em sua análise. A partir da investigação do “caso dos cliques”, a pesquisadora e os operadores, em entrevistas individuais e em grupo, consideraram importante a análise e aprofundamento de outros casos para criar contrapontos (os desdobramentos do caso dos cliques são justificados e analisados no capítulo 4).

O aprofundamento desses casos, considerado o cerne da pesquisa, é a análise ergonômica do trabalho (AET). Essa escolha metodológica se explica pela necessidade de lidar com a complexidade e as contingências da atividade do operador de sala de controle. Neste estudo, o aprofundamento consistiu em um conjunto de métodos e técnicas que conduziram à compreensão da atividade de trabalho a partir da prática das pessoas analisadas. O ponto de partida é a prática, ressaltando o trabalho real (e não o prescrito) para se chegar à elaboração de propostas de intervenção (GUÉRIN et al., 2001).

Para a AET, o método mais utilizado foi a autoconfrontação (CLOT, 2010; LIMA in KIEFER et al., 2001; THEUREAU, 2014). Com base no que os operadores consideravam relevante, foram coletados dados no sistema operacional relacionados à temperatura, matéria-prima e combustível, para o registro dos casos já mencionados. O objetivo era resgatar o cenário do processo produtivo e a ação do operador naquela ocasião específica, como se fosse um retrato daquele momento. Confrontado com esse “retrato”, o operador era incitado a responder perguntas do tipo “o que você fez nesse momento?”, “o que você observou ao fazer isso?”, “o que o levou a fazer isso?”, “por que precisou agir assim?”.

A cada resposta, buscou-se um maior nível de detalhamento e o cuidado para que o operador permanecesse engajado naquela circunstância particular de sua situação de trabalho, mesmo que, ao responder a uma dessas perguntas, ele fizesse referência a

outras situações vividas ao longo de sua experiência ou a teorias sobre o processo de calcinação (THEUREAU, 2014). A fim de buscar esse detalhamento, a autoconfrontação foi realizada várias vezes para um mesmo “retrato”.

Durante as entrevistas individuais e em grupo, os operadores verbalizavam sobre o desempenho uns dos outros ao verem os “retratos” das situações. Isso ocorreu naturalmente, sem que a pesquisadora solicitasse tais comentários. Esse ocorrido se aproxima da autoconfrontação cruzada (CLOT, 2010), mesmo sem o uso intencional da referida ferramenta para desenvolver a atividade dos operadores.

Por meio das verbalizações dos operadores a respeito de seu trabalho, conseguimos avançar na explicitação de seu conhecimento tácito em situação, dos critérios que orientam suas ações e dos objetivos conflitantes que conformam seus comportamentos no trabalho. A descrição da atividade resultante da análise da atividade para os casos selecionados se deu em parte através de gráficos sobrepostos (ver capítulo 4). Como o uso desses gráficos nesta dissertação cumpre esse objetivo, mesmo podendo causar certa dificuldade de “leitura”, ainda assim optamos por utilizá-los, uma vez que foi essa sobreposição que melhor representou a cognição e ação do operador em situação.

Ao final, a representação dos gráficos foi apresentada aos operadores, que validaram seu conteúdo, por consideram-na eloquente no que diz respeito ao que realmente fizeram naquela ocasião.

3.4 Caso dos cliques

Desde o início da produção, no final de 2010, até junho de 2012, a empresa americana que forneceu os equipamentos para a área da calcinação acompanhou a operação do forno calcinador com o objetivo de garantir seu bom funcionamento e alcançar a produção nominal. Dessa forma, ela tinha voz ativa junto à gerência da área e poder de decisão – estabelecido contratualmente – para realizar modificações e estabelecer critérios de operação.

Esse acompanhamento aconteceu na própria sala de controle, porém os fornecedores estrangeiros ocupavam uma mesa separada e pouco se comunicavam com os operadores. Eles controlavam a atuação destes por meio de informações visualizadas no computador, através do sistema operacional e dos gráficos que geravam a partir de dados registrados nos sistemas supervisor e gerencial.

Uma das formas de realizar esse controle era através da contagem dos ajustes efetuados em determinado parâmetro, por exemplo, o ajuste no combustível. “Enquanto a gente [operadores] trabalhava, eles [fornecedores] contavam os cliques que a gente fazia e depois mandavam e-mail para o gerente”, relatou um operador.

No Quadro 1, em um dos *e-mails* enviados para a gerência, os fornecedores apontam um novo recorde de “ajustes” e consideram que o número de mudanças excessivas era a causa das perturbações no processo, impossibilitando a estabilização do funcionamento do forno. Esse episódio ficou famoso entre os operadores como sendo o “caso dos cliques”.

Quadro 1 - *E-mail* do fornecedor enviado ao gerente de área

E-mail do fornecedor
Acredito que nós temos um novo recorde! 35 mudanças no combustível (carvão) e 15 mudanças no *diesel* em menos de 12 horas!
Vocês se lembram de que o calcinador tem uma constante de tempo de 3,5 horas? Essas são muitas, mas muitas mudanças para termos alguma chance de alcançarmos uma operação estável e constante algum dia.

Fonte: Documento da pesquisa (tradução nossa).¹¹

O “recorde” a que se refere o *e-mail* aconteceu durante 12 horas, distribuídas entre dois turnos de operação (o turno é de 8 horas) de um dos calcinadores. E, da forma como foi analisado pelos fornecedores, julga-se que os operadores envolvidos realizaram ajustes excessivos.

¹¹ No original: “I believe we have a new record! 35 fuel changes (coal) and 15 diesel changes in less than 12 hours! Recall that the kiln has a 3,5 hour time constant? This is far too many changes to ever reach a steady state operation”.

A repercussão desse *e-mail*, ilustrada no Quadro 2, foi grande, uma vez que o gerente da área o encaminhou imediatamente aos supervisores e operadores, exigindo uma justificativa por parte dos operadores envolvidos.

Quadro 2 - *E-mail* do gerente de área enviado aos supervisores e operadores

E-mail do gerente

Senhores supervisores,

Peço especial atenção às considerações feitas pelo fornecedor (já traduzidas), **estabilidade do calcinador deve considerar os tempos de reação entre as ações e reações.**

“Acredito que nós temos um novo recorde! 35 mudanças no combustível (carvão) e 15 mudanças no *diesel* em menos de 12 horas!

Vocês se lembram de que o calcinador tem uma constante de tempo de 3,5 horas? Essas são muitas, mas muitas mudanças para termos alguma chance de alcançarmos uma operação estável e constante algum dia.”

Aos supervisores que trabalharam ontem aguardo uma justificativa do número de intervenções. Caso esteja ocorrendo algum problema que posso ajudar, deixe-me saber.

Fonte: Documento da pesquisa.

Frente ao ocorrido, suscita-se a seguinte pergunta: será que os operadores não entendiam o próprio trabalho?

Os gerentes, os fornecedores e os engenheiros, diante dessa situação, consideravam os operadores como fonte de variabilidade em relação ao processo produtivo. Além disso, reduziram a atividade destes aos cliques, adotando a quantidade de cliques como indicador pertinente para avaliar a competência e o desempenho dos operadores. Uma evidência que parecia decisiva é o descompasso entre o intervalo entre os cliques e o tempo de residência do material dentro do forno (em média 3,5 horas), ilustrado na Figura 3, o que seria suficiente, segundo eles, para concluir que os operadores estavam agindo às cegas, sem esperar o resultado de suas ações para verificar se os ajustes do processo estavam corretos ou não.

Figura 3 - Representação do forno calcinador indicando o tempo de residência do minério



Fonte: Elaborada pela autora.

Antes de discutirmos a relevância dessas inferências através da análise da atividade do operador, é necessário descrever o funcionamento do processo, limitado aqui aos elementos necessários para compreender o estado do processo em que os ajustes aconteceram e o sentido que tiveram para os operadores. Isso será feito no capítulo seguinte.

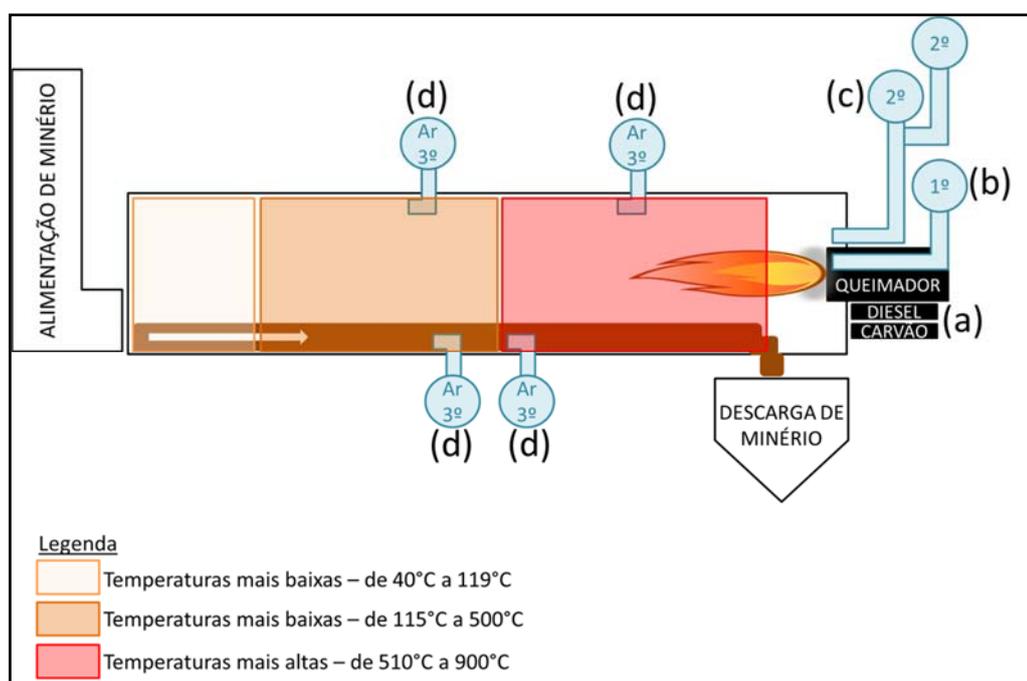
4 ANÁLISE DA ATIVIDADE

Neste capítulo serão expostos os resultados da análise da atividade. Inicialmente, serão fornecidos elementos descritivos básicos sobre o processo e a atividade analisada. Em seguida, para entendermos a lógica da ação do operador dentro de um contexto específico, explicamos o aprofundamento no “caso dos cliques” e justificamos a escolha dos outros casos analisados.

4.1 O processo de calcinação

A operação do calcinador começa com o acionamento da chama do queimador que aquece o forno (Figura 4a). O queimador pode utilizar como combustível *diesel* e/ou carvão. A combustão garantida pelo ventilador de ar primário desenha a forma da chama e garante sua estabilidade (Figura 4b). Os dois ventiladores de ar secundários (um principal e um sobressalente) introduzem ar em volta da chama para fornecer oxigênio adicional, alongando ou encurtando a chama (Figura 4c). Os quatro ventiladores de ar terciários fornecem a quantidade de oxigênio restante necessária para o processo de calcinação (Figura 4d). O perfil térmico do forno apresenta, então, suas temperaturas mais altas próximas à chama (extremidade da descarga de minério) e as mais baixas na extremidade da alimentação de minério.

Figura 4 - Representação do forno calcinador, com queimador, ventiladores e perfil térmico



Fonte: Elaborada pela autora.

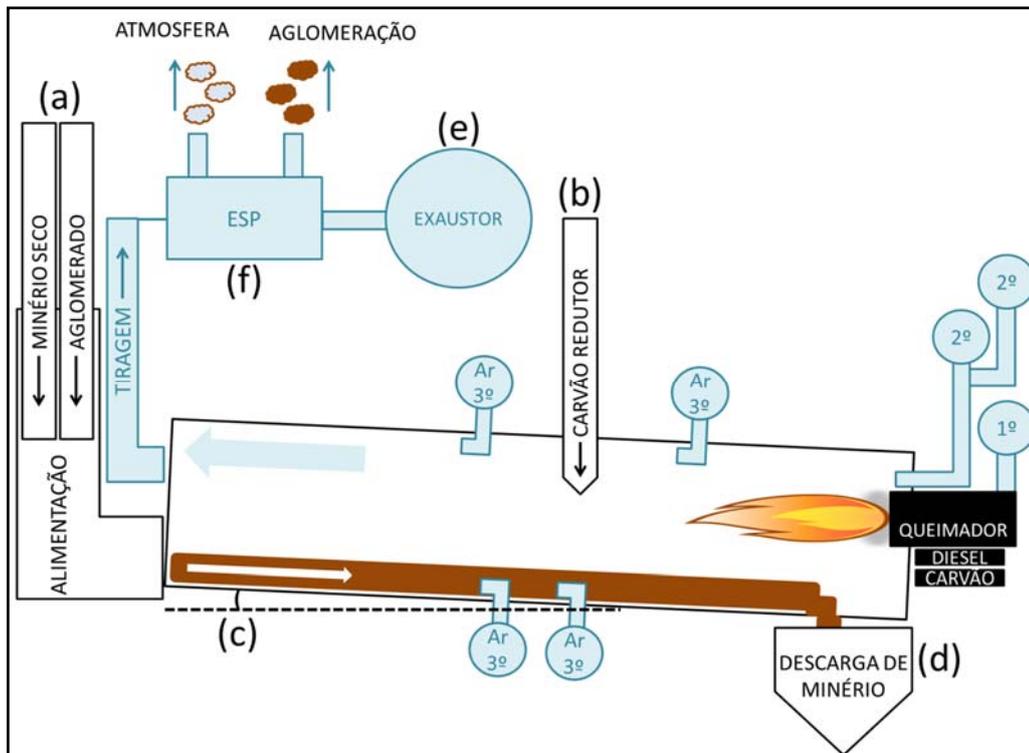
Já aquecido, o forno é alimentado com minério seco e aglomerado¹² (Figura 5a). Além dessa alimentação, carvão redutor¹³ é injetado aproximadamente na metade do forno para fornecer o carbono residual¹⁴ (Figura 5b). Com a inclinação negativa do forno (Figura 5c) e seu movimento de rotação, o material se desloca em direção à chama até sair na extremidade de descarga e cair em um silo (Figura 5d). Enquanto isso, o exaustor, na extremidade da alimentação (Figura 5e), faz com que o fluxo dos gases produzidos pela combustão se movimente no sentido oposto ao fluxo de material, até sair do forno em direção ao precipitador eletrostático do calcinador (ESP) (Figura 5f). O ESP remove o pó da corrente de gás que sai do calcinador. O pó é reaproveitado (aglomeração) e o gás limpo é liberado para a atmosfera.

¹² Aglomerado é uma mistura de água e pó de minério (coletado ao longo de todas as cinco etapas através de um sistema de transporte de pó). O pó de minério é rico em níquel, por isso é reprocessado no calcinador após aglomeração.

¹³ O carvão redutor recebe esse nome porque é o carvão em grânulos introduzido no processo para fornecer o carbono necessário na reação de redução.

¹⁴ O carbono participa das reações de redução dos metais na etapa seguinte à calcinação no forno elétrico de redução.

Figura 5 – Representação do forno calcinador com alimentação, silo e sistema de tiragem (exaustor e ESP)



Fonte: Elaborada pela autora.

Os objetivos do processo de calcinação são: (1) eliminar o restante da água ligada fisicamente ao minério (umidade), (2) eliminar a água ligada quimicamente à molécula do minério e (3) iniciar o processo de redução. Esse processo de redução consiste na remoção do oxigênio combinado com o ferro e o níquel, através da reação química com o carbono, ou com o gás monóxido de carbono, resultando na liberação de gases (monóxido de carbono, quando a redução é feita pelo carbono e dióxido de carbono, quando a redução é feita com o gás monóxido de carbono).

Esses processos acontecem ao longo do forno, em quatro regiões, classificadas por temperatura,¹⁵ que podem ser vistas na Figura 6:

1. Área de Secagem (de 40 °C a 110 °C no minério e de 270 °C a 300 °C nos gases):
Ocorre a eliminação da água ligada fisicamente ao minério (umidade);

¹⁵ São aferidas as temperaturas ao longo do forno através de dois tipos de termopares diferentes: um que indica a temperatura do minério e outro que indica a temperatura dos gases dentro do forno calcinador.

2. Área de Aquecimento (de 110 °C a 500 °C no minério e de 325 °C a 800 °C nos gases):

A água superficial é eliminada completamente;

3. Área de Calcinação (de 500 °C a 900 °C no minério e de 825 °C a 950 °C nos gases):

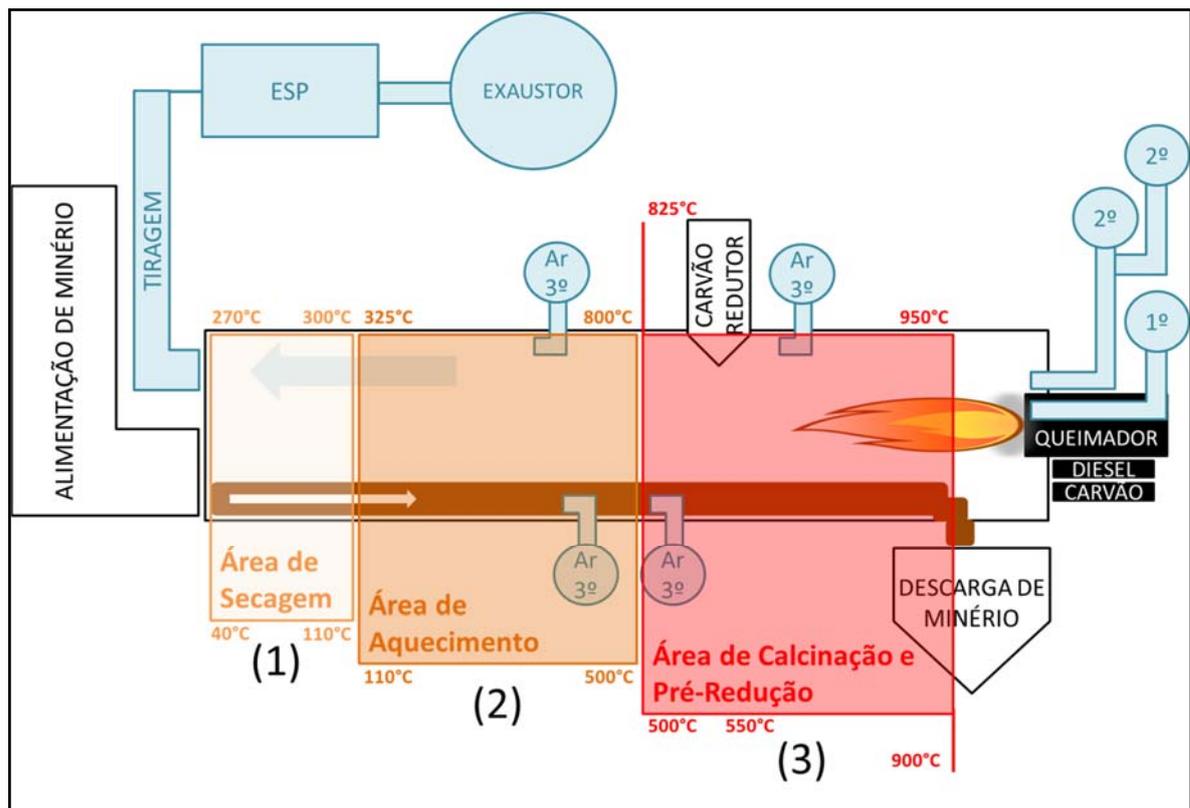
A água ligada quimicamente ao minério começa a ser eliminada;

4. Área de Pré-Redução (de 550 °C a 900 °C no minério):

Ocorre o início da redução, ou seja, o carbono (que vem do carvão redutor) remove o oxigênio do minério, formando a wustita (FeO).

A terceira e a quarta regiões ocorrem na mesma faixa de temperatura, e estão representadas na Figura 6 pela área rosa.

Figura 6 - Representação do forno calcinador com o perfil térmico



Fonte: Elaborada pela autora.

Para verificar se essas reações aconteceram e conhecer a qualidade do calcinado, são feitas as seguintes aferições a partir de uma amostra do produto final colhido na extremidade de descarga de minério:

- **Perda ao Fogo (PF)**

É a quantidade (%) de água ligada estruturalmente ao minério. O ideal de PF é < 0,5 %.

- **Carbono Fixo (CF)**

É a quantidade (%) de carbono contido no minério, ou seja, o carbono que não se ligou ao oxigênio para formar CO. O valor ideal é > 1,5 % e < 2,0 %.

- **Pré-Redução (PR)**

É a medida de quanto o minério pré-reduziu. Essa medida é apurada pela quantidade (%) de Fe em forma de wustita (FeO). O valor ideal é > 50 %.

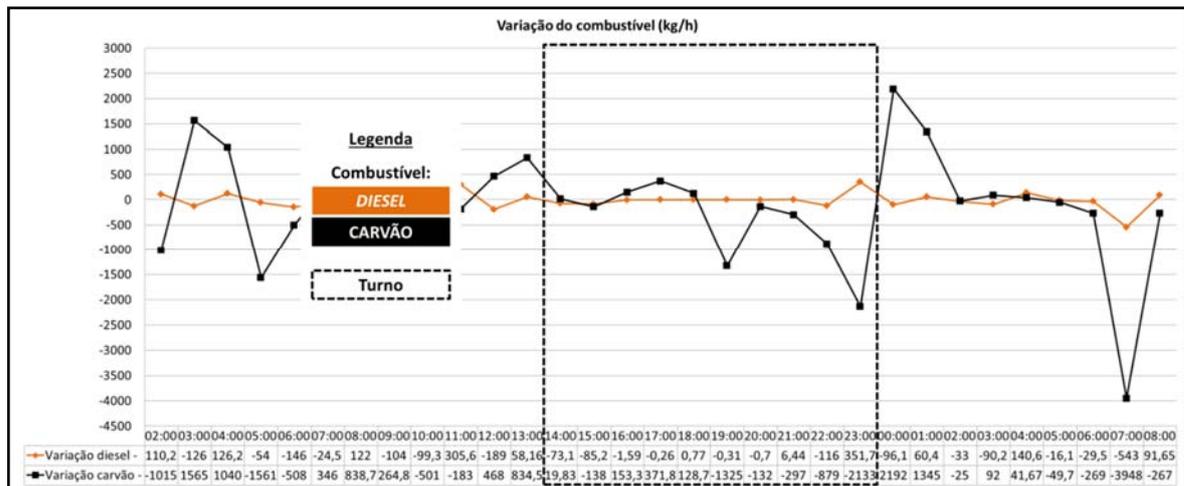
4.2 Os casos dentro do estudo de caso

De posse dessas informações sobre o processo de calcinação e com base no caso dos cliques, faz-se necessário entender a lógica da ação dentro de um contexto específico e não julgar, na posição de observador distante, se o operador fez muitos ou fez poucos ajustes. O sentido do ajuste, sua explicação, é a essência da atividade do operador. Existe uma lógica mais complexa que a teórica: o tempo de resposta do forno é de 3,5 horas, mas o operador lida com parâmetros de respostas mais imediatas, antecipando desajustes que, de outra forma, aconteceriam mais tarde, quando as margens de manobra seriam também mais reduzidas.

Para compreendermos, portanto, o que o operador enfrenta ao realizar cada ajuste, identificamos quando e como esses ajustes foram feitos.

Com base em dados de quantidade de combustível, elaboramos um gráfico de variação dessa quantidade para encontrarmos os ajustes feitos pelos operadores ao longo do turno (Gráfico 1). De acordo com eles, não se realizam no combustível ajustes menores que 100 kg. Variações abaixo desse valor podem ser desconsideradas, pois correspondem à imprecisão dos medidores dos equipamentos (Tabela 1); os ajustes significativos, segundo eles, são os maiores que 100 kg. Dessa forma, encontramos os seguintes ajustes em um turno do caso dos cliques:

Gráfico 1 - Variações dos combustíveis *diesel* e carvão ao longo do primeiro turno do caso dos cliques (14 h às 23 h)



Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 1 - Valores dos ajustes nos combustíveis

	Diesel	Carvão		Diesel	Carvão	
14:00	-73	20	Ajustes > 100 kg			
15:00	-85	-138			-138	
16:00	-2	153			153	
17:00	0	372			372	
18:00	1	129			129	
19:00	0	-1325			-1325	
20:00	-1	-132			-132	
21:00	6	-297			-297	
22:00	-116	-879			-116	-879
23:00	352	-2133			352	-2133

Observação: À esquerda, valores de todos os ajustes; à direita, valores com ajustes maiores que 100 kg.

Fonte: Elaborada pela autora.

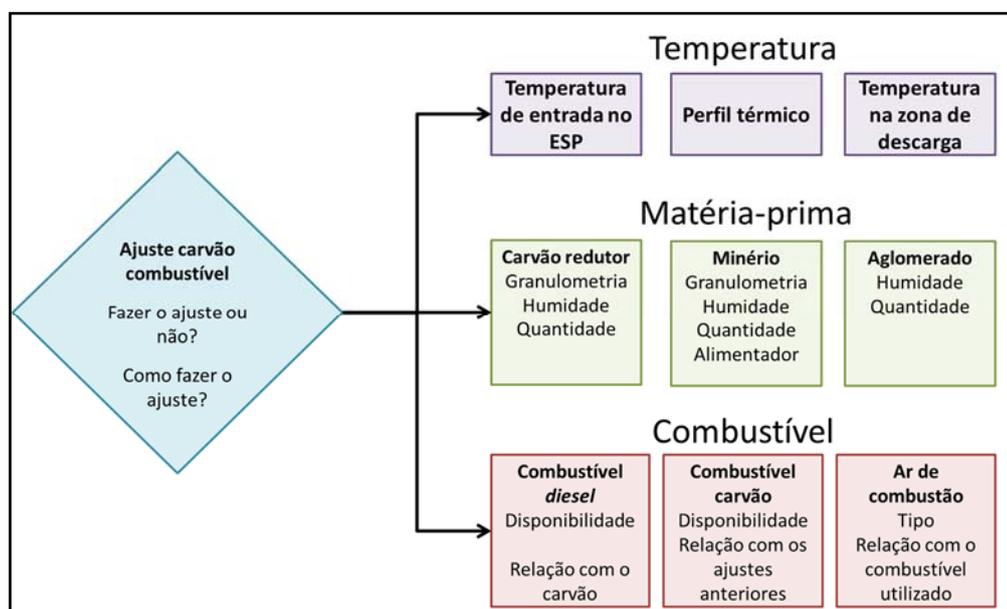
Existem, assim, variações na quantidade de combustível que são ajustes feitos pelos operadores e variações que não decorrem de suas intervenções, mas sim de oscilações normais do processo. Outras variações registradas podem ser falsas informações: o que aparece no sistema, como ajuste, pode ser, na verdade, apenas uma falha do sensor do injetor de combustível. O operador em situação consegue diferenciar esses casos. No entanto, um observador distanciado pode não reconhecer tal diferença.

Dessa forma, identificamos o momento e a maneira como os ajustes foram feitos. Além disso, determinamos o que acontecia quando o operador efetuou cada ajuste.

O objetivo é entender a lógica da atividade por trás da ação do operador nesse momento: o que ele considera para fazer o ajuste, quais parâmetros ele relaciona, quais *trade-offs* ele leva em consideração.

Para fazer o ajuste no combustível, o operador tem em conta os seguintes parâmetros:

Figura 7 - Parâmetros considerados pelo operador ao efetuar o ajuste no combustível



Fonte: Elaborada pela autora.

Como mostra o esquema acima (Figura 7), a temperatura, a matéria-prima e o combustível são parâmetros considerados pelo operador ao fazer o ajuste. Cada um deles possui especificidades que tornam inúmeras as combinações possíveis que caracterizam configurações específicas. Isso sem mencionar os fatores externos ao processo de calcinação, que indiretamente influenciam a tomada de decisão do operador, por exemplo, fatores relacionados à organização do trabalho, como o horário de cada turno. Existe uma diferença entre operar em um turno no horário administrativo, quando se exige sujeição à pressão temporal maior, e em um turno noturno, quando os operadores estão praticamente sozinhos na planta.

Especificamente no caso dos cliques, os operadores enfrentavam uma instabilidade na alimentação de minério, segundo eles, "fora do comum". Além disso, por decisão gerencial, com o objetivo de estabilizar o processo produtivo, eles estavam impedidos

de intervir no parâmetro “ar de combustão”. Tendo em vista a importância dessas condições, optamos por analisar também outros casos em que a alimentação de minério se encontrasse mais estável e em que a autonomia do operador não estivesse limitada. Assim, ao realizarmos as análises, evitamos que a complexidade da atividade do operador fosse mascarada pela característica específica de um caso. Como os operadores lidam com muitos casos diferentes, eles mesmos indicavam outros casos que poderíamos analisar. Por exemplo, situações em que enfrentaram menos dificuldades em relação à alimentação de minério.

Dessa forma, chegamos à escolha de dois conjuntos de casos, apresentados na Figura 8. No primeiro conjunto, o caso “Alimentação instável” refere-se a um turno de operação vinculado ao “caso dos cliques”, situação em que o operador enfrentou trocas de alimentador e consequentes variações na alimentação de minério. Em contraposição, o caso “Alimentação estável” refere-se a um período antecedido por diversas medidas de melhorias, dentre elas a calibração da balança de um dos alimentadores de minério. Dessa forma, o período transitório e os momentos de produção estabilizada, com seu consequente conflito entre o modo de controle da engenharia e os modos operatórios dos operadores, foram contemplados.

Figura 8 - Esquema dos conjuntos de casos escolhidos para embasar empiricamente a crítica à abordagem prescritiva

Primeiro conjunto	Período transitório e os momentos de produção estabilizada	Alimentação instável (caso dos cliques)
		Alimentação estável
Segundo conjunto	Situações-padrão: os limites das regras preestabelecidas para dar conta de situações de variação em produção estável	Situação 01 Excesso de carvão redutor
		Situação 02 Sinterização na descarga

Fonte: Elaborada pela autora.

No segundo conjunto, os limites das regras preestabelecidas para dar conta de situações de variação em produção estável são discutidos na análise de dois casos que, de acordo com a descrição do “caso 19” do manual de operação do forno

produzido pelos fornecedores,¹⁶ possuem a mesma definição e a mesma ação a ser executada. São eles: o caso “Excesso de carvão redutor” (Situação 01) e o caso “Sinterização na descarga” (Situação 02).

4.3 Variação na quantidade de minério

No primeiro item deste capítulo, mostramos que o processo de calcinação do minério acontece ao longo do forno, em determinadas áreas de temperaturas que configuram o perfil térmico do forno. São inúmeras as possíveis fontes de perturbação desse perfil térmico, com as quais o operador se depara. Uma delas, a variação na quantidade de minério, é aqui descrita mais detalhadamente por ter sido apontada pelos próprios operadores como sendo “seu principal problema”.

O valor ideal da quantidade de minério depende de quanto calcinado deverá ser produzido para alimentar o forno elétrico de redução (etapa seguinte à calcinação). E, mais importante que o valor médio, é a estabilidade desse valor. Uma variação na quantidade de minério alimentado pode ser causada pela troca de alimentadora.

O minério é alimentado no calcinador por uma correia transportadora, que pode receber o material de três alimentadoras: duas que vêm dos dois silos da secagem (nomeadas na linha 01: AL 0430-05 e AL 0430-06; e na linha 02: AL 0430-04 e AL 0430-07) e uma do galpão de emergência (nomeadas na linha 01: TR 0430-04; e na linha 02: TR 0430-05). Essa troca é necessária basicamente em três situações: (1) quando por algum motivo a alimentadora precisa de manutenção, (2) quando o operador de campo que acompanha o equipamento na área está ausente (troca de turno, intervalo para almoço) e (3) quando falta minério seco no silo que alimenta a correia que está sendo utilizada.

¹⁶ O manual de operação do forno produzido pelos fornecedores consiste em um impresso com instruções operacionais referentes aos equipamentos que compõem a área da calcinação. No final do documento, 27 possíveis casos são descritos através de três parâmetros: (1) temperatura do minério na extremidade de descarga; (2) temperatura dos gases ao longo do forno; e (3) temperatura dos gases na extremidade de alimentação. Além da descrição, são indicados “itens a serem verificados antes de fazer alterações” e “ações a serem tomadas após a verificação e correção”.

Cada alimentadora possui uma balança que indica a quantidade de minério que está transportando até o forno calcinador. Da sala de controle, o operador visualiza e controla esse valor. Com o tempo, os operadores identificaram que uma alimentadora passa mais minério que a outra, apesar de as balanças de cada uma delas indicarem a mesma quantidade de minério. E por isso, as trocas, quando necessárias, acabam gerando a variação na quantidade de minério, uma vez que as balanças das alimentadoras não são confiáveis. Essa falta de confiabilidade foi identificada em duas observações durante a prática: (1) o calcinador de uma linha produzia menos minério calcinado do o calcinador da outra linha com a mesma quantidade de minério alimentado (ou até mesmo com quantidade maior de minério alimentado); (2), ao mudar de alimentadora, a amperagem da nova correia aumentava ou diminuía em relação à amperagem da correia que estava operando anteriormente, mesmo sem mudança na indicação da quantidade de minério alimentado. Assim, a quantidade de minério que ali passa não seria a mesma que passava na correia anterior. Com tudo isso, os operadores chegaram à conclusão de que as balanças não indicam o valor real.

Ao se dar conta da falta de confiabilidade das balanças, o operador começou a usar o valor da amperagem de cada correia para tentar corrigir a variação na quantidade de minério alimentado. Então, quando, a partir da troca da alimentadora, o operador observou que a amperagem da correia aumentava em relação à anterior, deduziu que a quantidade de minério também aumentava. O contrário também ocorria; quando ele observava que a amperagem da correia diminuía em relação à anterior, constatava que a quantidade de minério também diminuía. Isso serviria de referência para que tomasse a decisão de corrigir essa variação, diminuindo ou aumentando o valor da quantidade de minério lançada por ele no sistema.

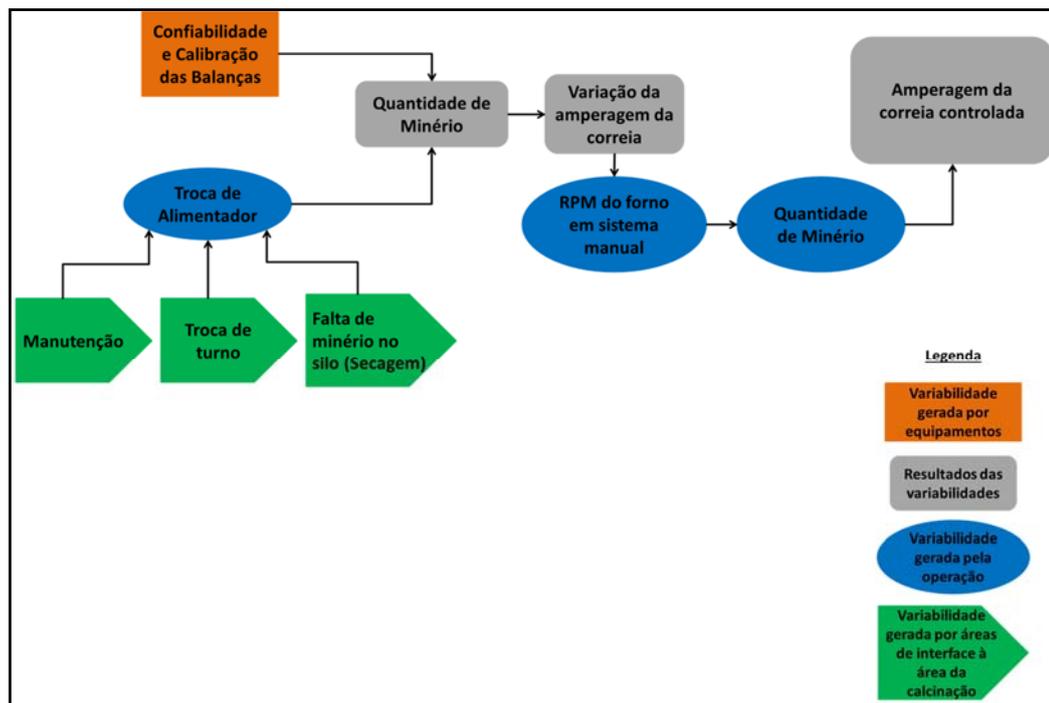
Como uma mudança na quantidade de alimentação automaticamente muda a velocidade de rotação do forno (para manter o grau de enchimento), se o operador não coloca essa velocidade em operação manual, o ajuste que ele fez na quantidade de minério será em vão. Isso porque o sistema não reconhece a falha na quantidade de minério indicada pela balança, mas reconhece a mudança feita pelo operador (para tentar corrigir a falha).

Com o tempo, os operadores realizavam a mudança do sistema da velocidade de rotação do forno de automático para manual e a correção na quantidade de minério imediatamente após a mudança de alimentadora, já que se sabia qual alimentadora passava mais ou menos minério.

Sobre essa estratégia de correção da variação na quantidade de minério (esquematizada na Figura 9), o operador relata:

Agora com as alimentadoras que eu já sei que passa menos, quando eu tenho que mudar de alimentadora, quando acaba o material do silo ou quando dá algum problema, eu já sei que ele passa, por exemplo, 40 toneladas a menos, 20 toneladas a menos ou a mais, eu já faço essa correção. Por minha conta. Porque com a experiência a gente já sabe que ele vai passar mais ou menos. Já faz uma modificação já para tentar não desestabilizar o processo. (Operador)

Figura 9 - Esquema da origem e estratégia de correção da variabilidade da quantidade de minério



Fonte: Elaborada pela autora.

Apesar de conseguir antecipar o ajuste na alimentação, a referência da amperagem da correia não é totalmente confiável. Isso porque, como o posicionamento e o comprimento das correias são diferentes, a amperagem também é. Então, o operador não podia considerar a amperagem como referência confiável para determinar a

quantidade de minério que realmente passava. O ajuste diminuía o impacto da variação da quantidade de minério, mas não a eliminava totalmente. Uma vez que essa variação acontecia, tanto aumentando quanto diminuindo, o operador realizava outros ajustes de acordo com o impacto no perfil térmico do forno.

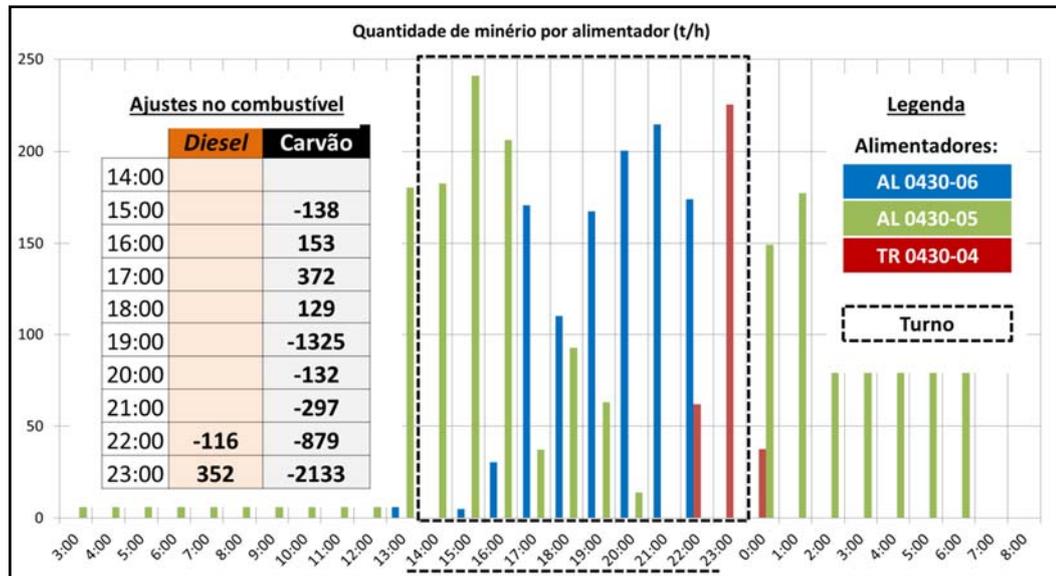
Essa explicação esquemática dos ajustes serve apenas para mostrar a complexidade do que seria a ação do operador considerando a variação em um único parâmetro, o que não acontece na realidade. Como dito anteriormente, são muitas as situações que desestabilizam as temperaturas ao longo do forno calcinador. Essas variações acontecem quase sempre simultaneamente. Às vezes são geradas por uma mesma fonte, por exemplo, a falha de determinado equipamento pode gerar uma variação tanto na quantidade quanto na umidade do minério. Dessa forma, fica difícil determinar qual a real consequência dessa variação no perfil térmico do forno. Algumas variações possuem consequências teoricamente equivalentes, por exemplo, se a quantidade de minério aumenta, a temperatura do forno diminui; se a umidade do minério aumenta, a temperatura do forno também diminui. Porém, podemos ter um cenário onde acontece um aumento da quantidade de minério (com consequente diminuição da temperatura do forno) e, ao mesmo tempo, uma diminuição da umidade do minério (com consequente aumento da temperatura do forno). As duas variações se anulariam e não perturbariam o perfil térmico? Não há como afirmar. Inicialmente podemos apenas constatar que o operador se depara com um perfil térmico alterado, cujas causas podem ser combinações diversas de inúmeras fontes de perturbação.

Para entendermos essa complexidade e o que é a atividade do operador, é necessário realizar análises sistemáticas de casos específicos.

4.4 Análise da atividade: primeiro conjunto - Alimentação instável

No caso “Alimentação instável”, considerando o contexto de instabilidade na alimentação tratado anteriormente (item 4.3), o operador enfrentou duas trocas de alimentadora, representadas no gráfico de quantidade de minério por alimentador (Gráfico 2), ao longo do turno das 14 h às 23 h.

Gráfico 2 - Trocas das alimentadoras e ajustes no combustível durante o turno



Fonte: Elaborado pela autora.

No Gráfico 2, estão representadas duas trocas. A primeira representação, indicada pelas linhas verde e azul (AL 0430-05 para AL 0430-06), mostra a troca uma alimentadora que passava uma quantidade maior para um que passava uma quantidade menor de minério. A segunda, indicada pelas linhas azul e vermelho (AL 0430-06 para TR 0430-04), mostra a troca de uma alimentadora que passava uma quantidade menor para um que passava uma quantidade maior de minério.

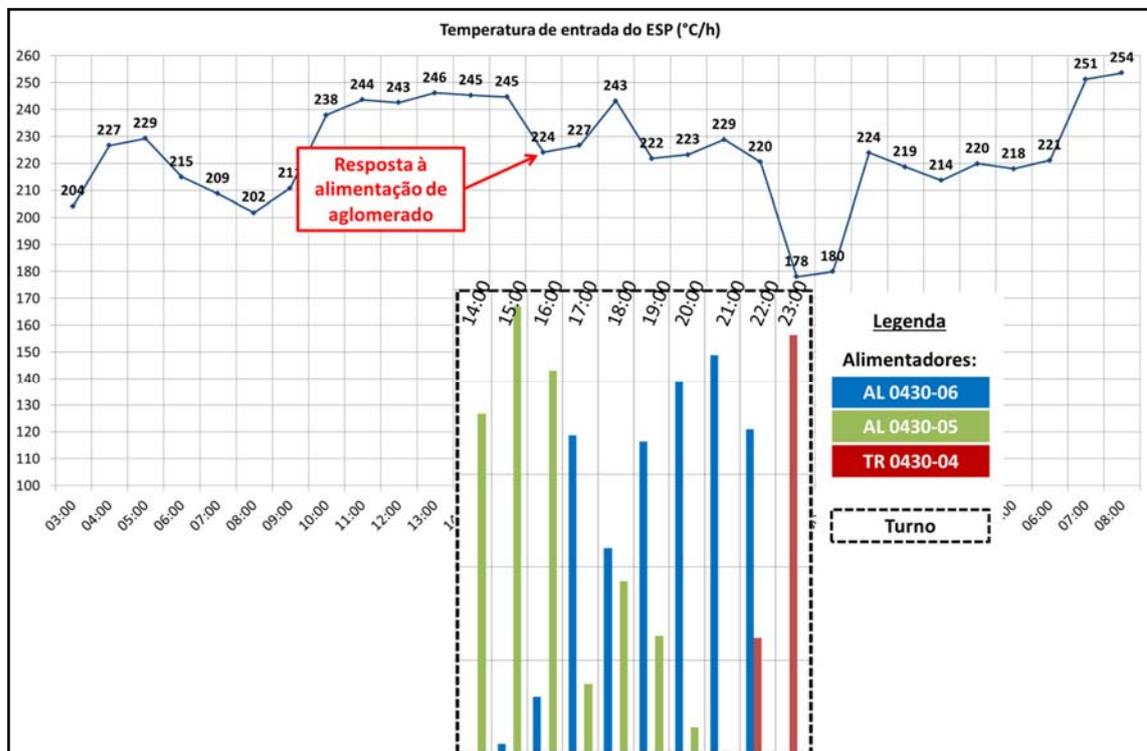
O início da primeira troca de alimentador – de um que transportava mais para um que transporta menos – às 15 h coincide com o primeiro ajuste (-138 kg) no carvão. Trata-se de uma tentativa de evitar o impacto que essa diferença poderia causar: ao passar uma quantidade menor de material, a temperatura ao longo do calcinador aumentaria e, por isso, a quantidade de combustível diminuiria.

É um pequeno ajuste. Para garantir que não terei problemas depois. [...] Ainda mais do jeito que está [perfil térmico do forno com as temperaturas altas]. (Operador)

Apesar de fazer a correção na quantidade de material, baseada na diferença da amperagem da correia e na experiência de “saber qual alimentador passa mais e qual passa menos”, o operador não atribuiu precisão a essa correção e, ao relacionar essa específica mudança do alimentador à temperatura do forno como um todo (quando diz “ainda mais do jeito que está”), decidiu fazer o ajuste (-138 kg).

Observando também a temperatura de entrada do ESP (Gráfico 3), que responde às trocas de alimentador, o operador aponta para a queda: às 15 h, a temperatura de entrada do ESP diminuiu de 245 °C para 224 °C. Uma resposta esperada nesse momento seria que a temperatura de entrada do ESP aumentasse por causa da troca do alimentador. No entanto, ela diminuiu.

Gráfico 3 - Comparação entre a temperatura de entrada do ESP e as mudanças de alimentadores



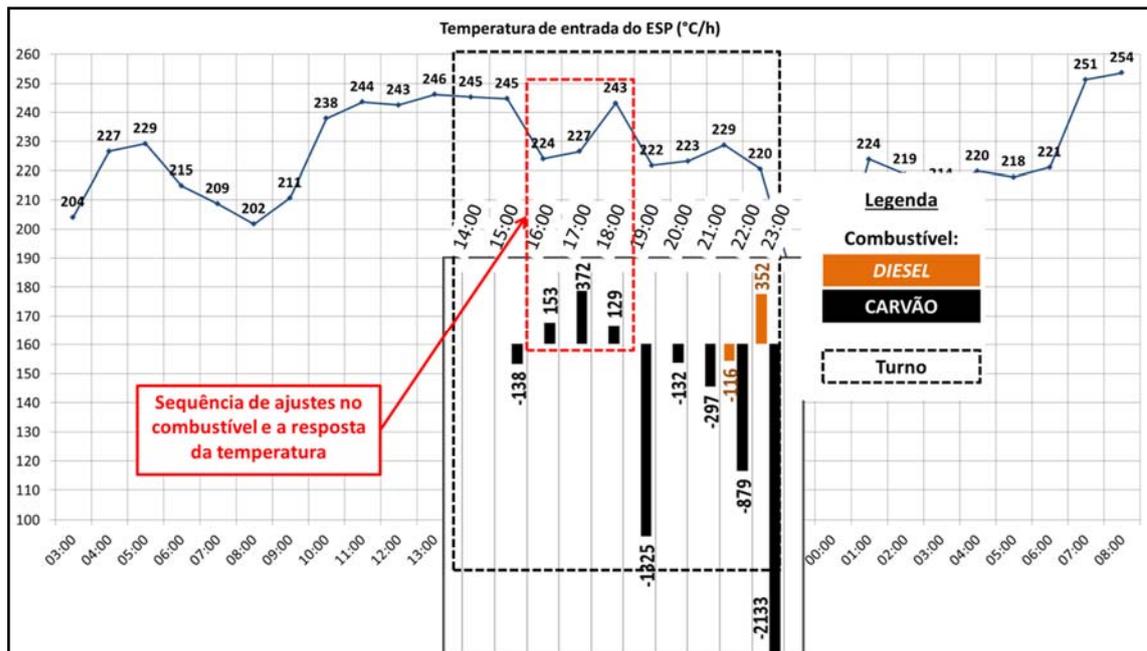
Observação: Em destaque, o momento da resposta da temperatura de entrada do ESP à alimentação de aglomerado.

Fonte: Elaborado pela autora.

O operador busca explicação para a queda nos dados de alimentação de aglomerado: às 15 h, inicia a alimentação de aglomerado, que, por possuir umidade mais alta que a do minério alimentado, tende a esfriar o forno e, principalmente, as temperaturas da entrada que respondem prontamente à mudança. Já em relação à segunda queda da temperatura (Gráfico 3) – de 243 °C para 222 °C –, o operador infere que ela é causada pela diferença na umidade do minério de um silo para outro: a troca de um alimentador que fornece minério de um silo com umidade menor do que a umidade do minério fornecido pelo AL 0430-06 (azul no Gráfico 3).

No Gráfico 4, podemos ver que, por causa dessa primeira queda da temperatura do ESP, o operador faz uma sequência de três ajustes para aumentar a quantidade de carvão: 153 kg às 16 h; 372 kg às 17 h; e 129 kg às 18 h.

Gráfico 4 - Comparação entre a temperatura de entrada do ESP e os ajustes nos combustíveis



Observação: Em destaque, a sequência de ajustes no carvão e a resposta da temperatura de entrada do ESP a eles.

Fonte: Elaborado pela autora.

Ele atinge o objetivo de recuperar a temperatura de entrada do ESP (até 243 °C às 18 h no Gráfico 4). Porém, a partir das 18 h, mesmo com a queda, possivelmente causada pelo aumento da umidade do minério alimentado, o operador opta por priorizar a temperatura da descarga. Ele não desconsidera a importância da temperatura da entrada:

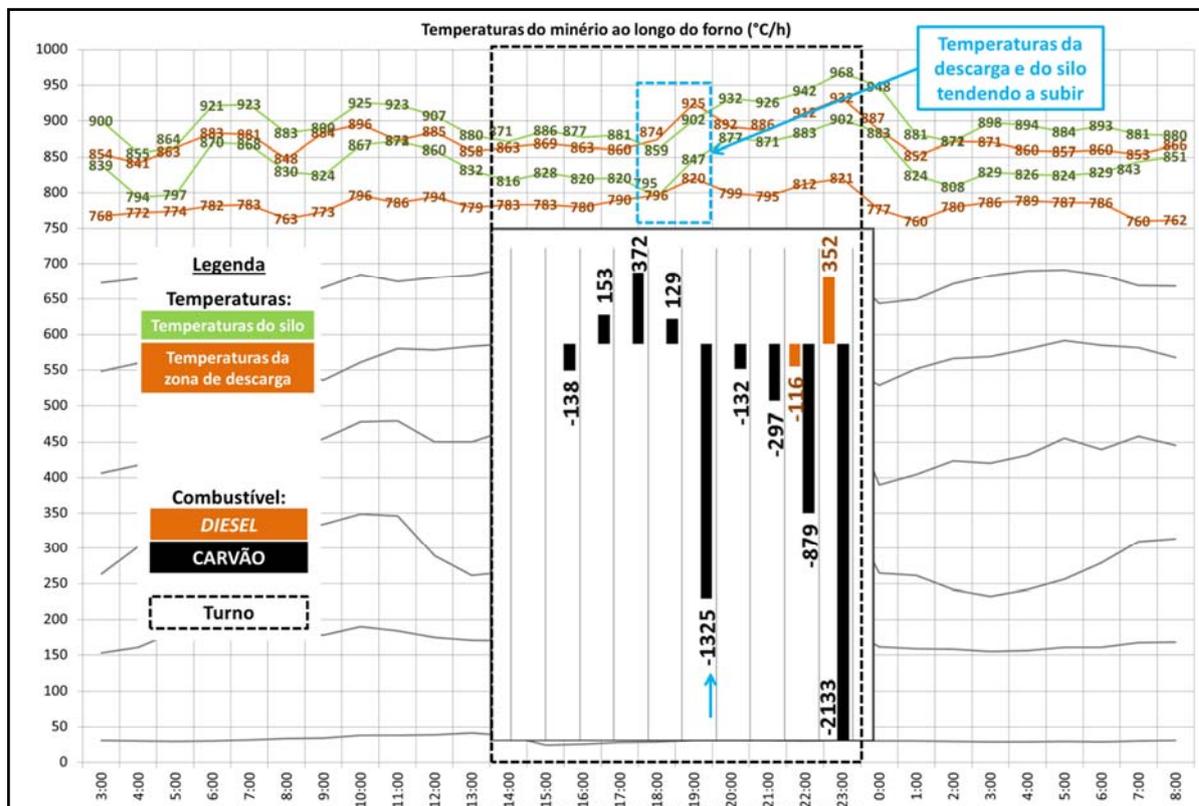
Nesse caso, eu não tinha muita escolha. O material não será bem-preparado na entrada [não atinge temperaturas adequadas para realizar a etapa de secagem], mas, se eu perder a chama [queimador é desligado automaticamente quando a temperatura da descarga atinge 970°C], o forno esfria todo. Demora muito mais para reacender. (Operador)

Pela observação do perfil térmico ideal do forno, o operador sabe que, ao perder temperatura na entrada, o minério não será bem preparado, mas isso também ocorrerá, e por mais tempo, se o queimador for desligado automaticamente quando a

temperatura da descarga atingir 970 °C. A partir daí, o foco se torna a temperatura da descarga, com o objetivo de não deixá-la atingir esse valor.

O Gráfico 5 mostra que as temperaturas da zona de descarga e do silo aumentam muito das 18 h às 19 h (tracejado azul no Gráfico 4). Na descarga de 874 °C a 925 °C, aumenta 51 °C; na descarga de 796 °C a 820 °C, aumenta 24 °C. No silo de 859 °C a 902 °C, aumenta 43 °C; no silo de 795 °C a 847 °C, aumenta 52 °C.

Gráfico 5 - Comparação entre as temperaturas do minério ao longo do forno e os ajustes efetuados nos combustíveis



Observação: Em destaque, o momento em que as temperaturas da zona de descarga e do silo tendem a subir e o ajuste realizado no carvão para evitar que isso continuasse.

Fonte: Elaborado pela autora.

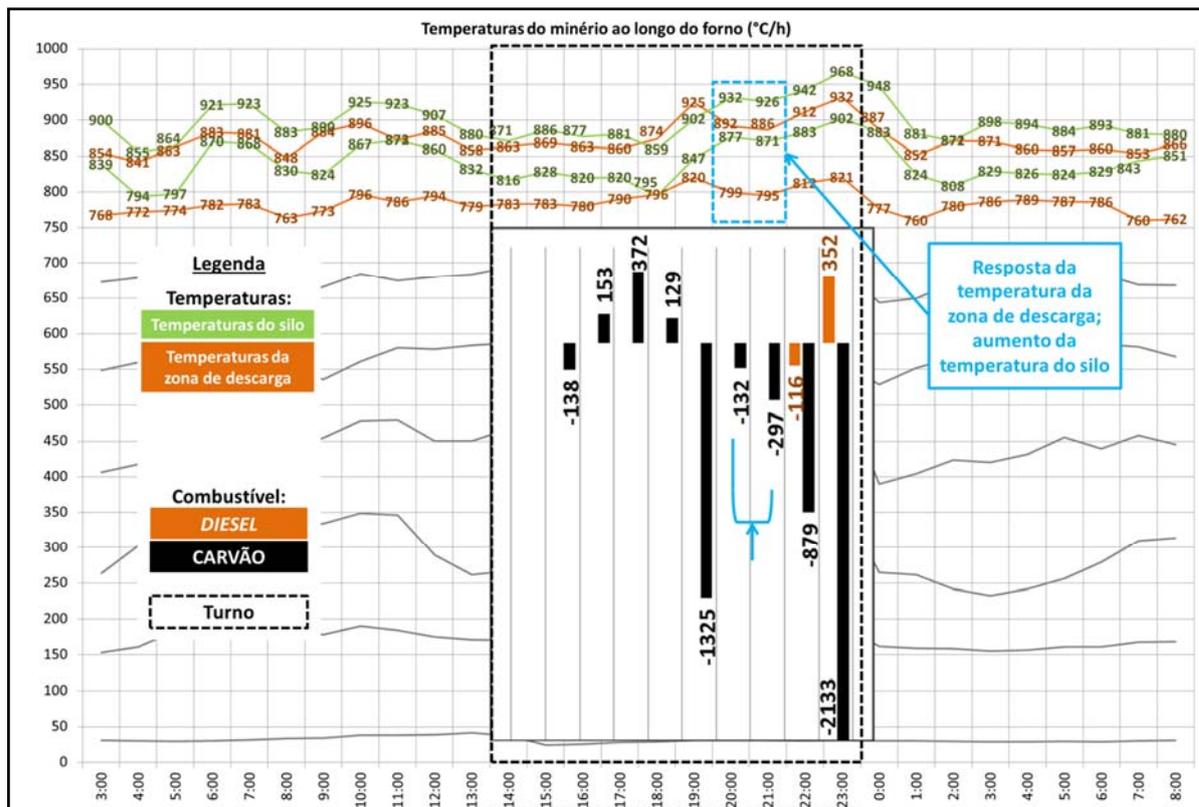
O operador julga elevados e preocupantes esses aumentos, porque o intervalo de tempo foi curto (1 h). Por isso, realiza o ajuste de diminuir 1325 kg de carvão ao longo de uma hora (às 19 h – seta azul no Gráfico 5).

Podemos esperar tudo desse forno. A temperatura ali [na descarga] pode aumentar de um minuto para o outro. [...] Não mudo assim direto [o ajuste de menos 1325 kg de carvão]. Mas é um ajuste grande. (Operador)

No Gráfico 6 (tracejado azul), podemos observar que as temperaturas na zona de descarga respondem ao ajuste, mas as temperaturas do silo continuam a aumentar.

O material do alimentador que passa menos está começando a passar por aqui [na zona de descarga]. Você já pode esperar que coisa boa não vai acontecer [as temperaturas na zona de descarga vão aumentar]. (Operador)

Gráfico 6 - Comparação entre as temperaturas do minério ao longo do forno e os ajustes efetuados nos combustíveis



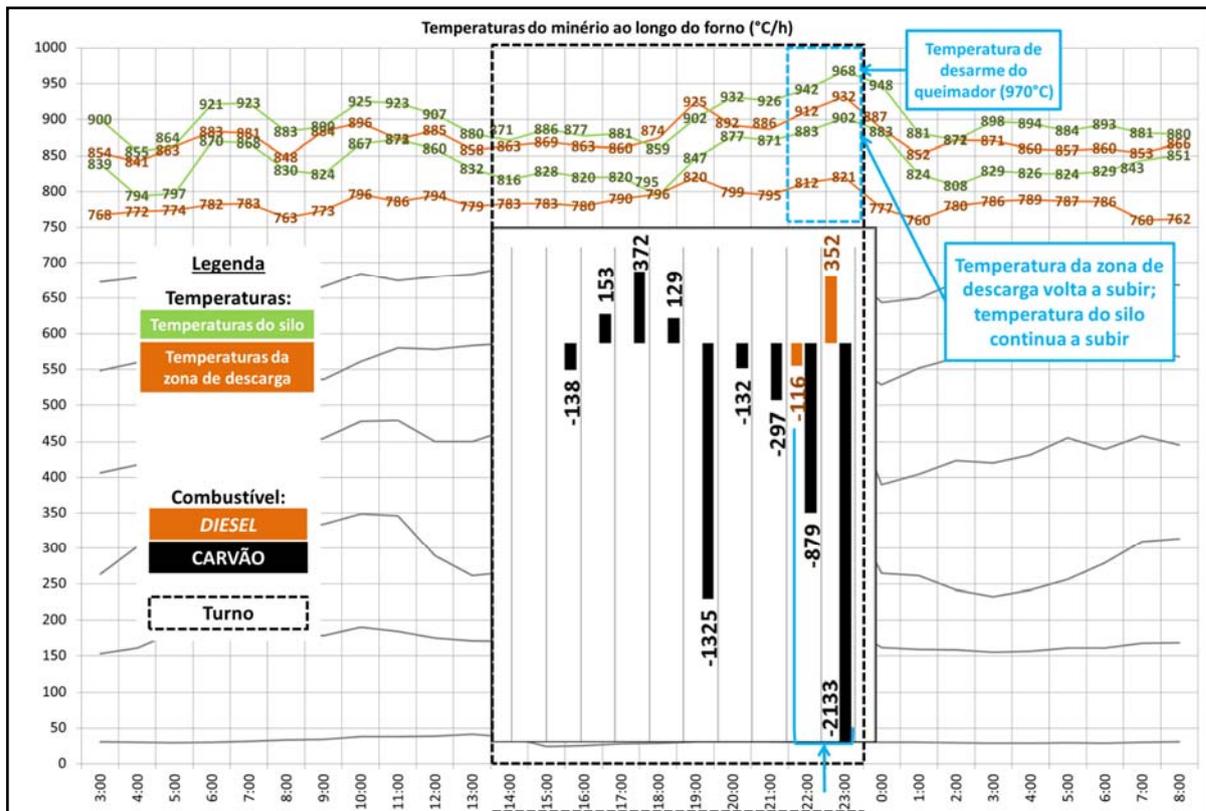
Observação: Em destaque, o momento em que as temperaturas da zona de descarga respondem ao ajuste anterior e as do silo aumentam; e dois ajustes menores no carvão.

Fonte: Elaborado pela autora.

Nessa condição, o operador continua a fazer ajustes para diminuir a quantidade de carvão (seta azul no Gráfico 6, -132 kg às 20 h e -297 kg às 21 h). Trata-se de ajustes menores, tendo em vista a resposta das temperaturas da zona de descarga.

Porém, conforme esperado pelo operador, a temperatura da zona de descarga volta a subir, e a temperatura do silo continua a subir (tracejado azul no Gráfico 7).

Gráfico 7 - Comparação entre as temperaturas do minério ao longo do forno e os ajustes nos combustíveis



Observação: Em destaque, o momento em que as temperaturas da zona de descarga voltam a subir e do silo continuam a subir, chegando muito próximo ao valor de desarme do queimador; e o ajuste brusco no carvão combinado ao ajuste no diesel.

Fonte: Elaborado pela autora.

Dado que a temperatura do silo está muito próxima àquela que desarma automaticamente o forno (970 °C no silo), o operador considera a situação mais grave: as temperaturas podem aumentar rapidamente e desarmar o forno.

A fim de evitar que o forno desarme e, por isso, esfrie muito, o operador diminui a quantidade de carvão e a quantidade de *diesel* (seta azul no Gráfico 7, -879 kg de carvão e -116 kg de *diesel*). Como as temperaturas não respondem às mudanças e se aproximam mais da temperatura de desarme (uma das temperaturas do silo chega a 968 °C), ele faz um ajuste “grosseiro” na quantidade de carvão (-2133 kg às 23 h no Gráfico 7).

Nesse momento, diferentemente do ajuste realizado às 19 h, o operador faz o ajuste de uma só vez e não ao longo de uma hora. Diminuir muito a quantidade de carvão

exige que ele aumente a quantidade de *diesel* (352 kg às 23 h no Gráfico 7) para não desestabilizar a chama do queimador.

O operador teria outra estratégia de ação, que envolve o ajuste no ar de combustão, mas que, nesse contexto, ele estava impedido de fazer. Como dito anteriormente (Item 4.2), por decisão gerencial, com o objetivo de estabilizar o processo produtivo, os operadores estavam impedidos de intervir no parâmetro “ar de combustão”. Além disso, a temperatura ao longo do forno estava muito condicionada às oscilações de alimentações e, por mais que o operador tentasse se antecipar às falhas na alimentação, não sabia ao certo a precisão do ajuste e estava à mercê das trocas que ocasionavam mudanças às cegas na quantidade de minério alimentado.

Por isso, em contraposição a essa situação, a análise de um caso de alimentação estável mostra que, além do número menor de ajustes no combustível, o operador só é chamado a fazer ajustes mais “finos”.

4.4 Análise da atividade: primeiro conjunto - Alimentação estável

A calibração da balança de um dos alimentadores de minério garantiu estabilidade da quantidade de minério alimentado no calcinador. Tanto durante o turno em questão, quanto durante as onze horas que o antecederam, o forno recebeu, prioritariamente, o material de um alimentador confiável, ou seja, de um alimentador que transportava realmente a quantidade de minério solicitada pelo operador.

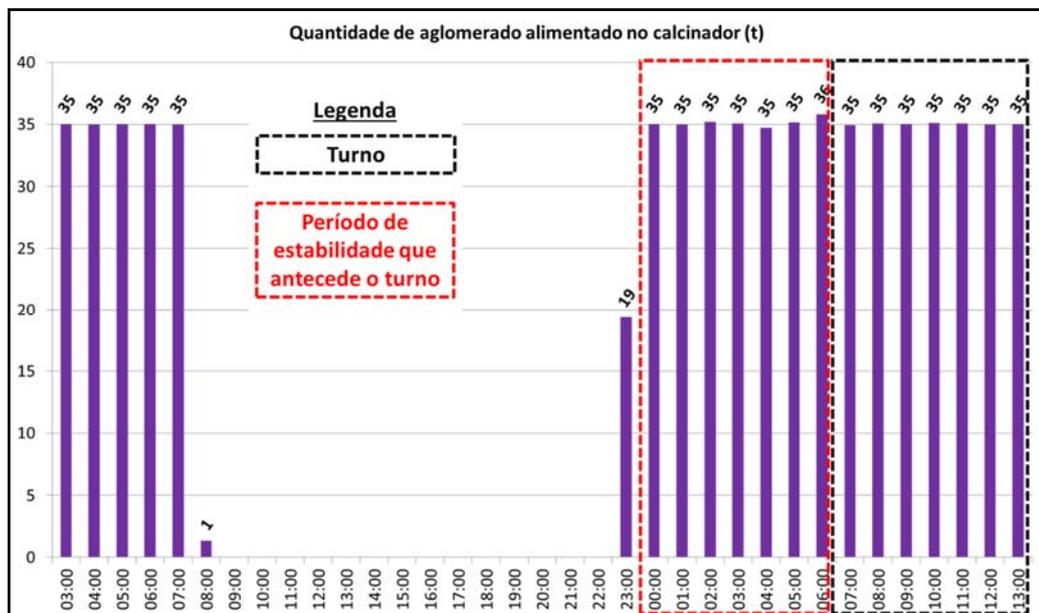
Ainda assim, em um processo estável, os operadores enfrentam instabilidades. No caso que se vai analisar, tornou-se necessária apenas uma troca de alimentador, que foi planejada e cujos impactos no processo eram conhecidos: o operador pôde agir antecipadamente para evitar grandes interferências no perfil térmico do forno.

Além da maior estabilidade da alimentação de minério, outras áreas da planta, de interface com a área da calcinação, estavam funcionando bem nesse período.

O operador aponta para o gráfico da quantidade de aglomerado (Gráfico 8) ressaltando o “bom funcionamento” dessa área e suas consequências para seu trabalho:

A aglomeração estava alinhada. Quando está estável assim, a gente consegue adaptar o forno. Se o aglomerado parar [de ser produzido], a balança de minério não compensa [a quantidade]. Nesse caso, funcionou direto. (Operador)

Gráfico 8 - Estabilidade na alimentação de aglomerado

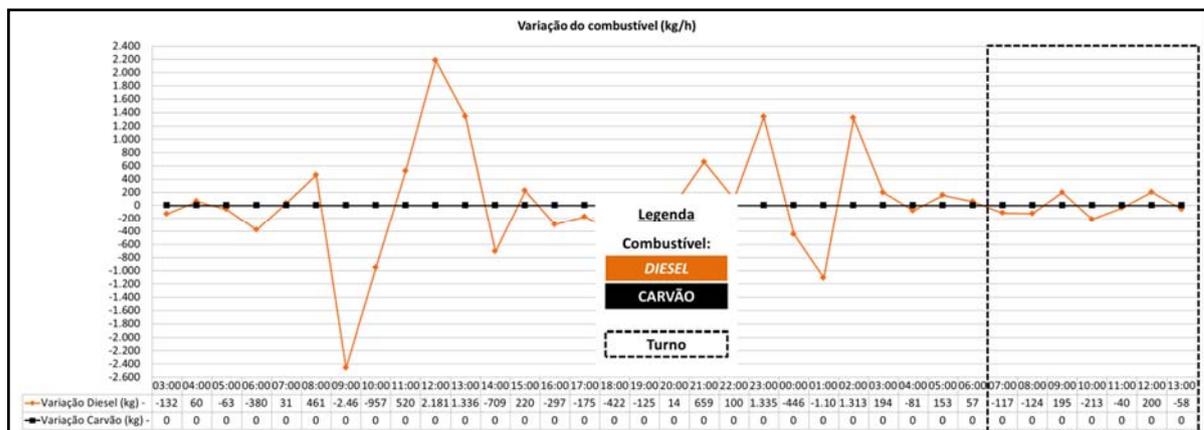


Fonte: Elaborado pela autora.

Ao falar “alinhada”, o operador se refere ao fato de a área da aglomeração produzir e fornecer ao calcinador, ao longo de seu turno e no período que o antecede (tracejado vermelho no Gráfico 8, das 0 h às 6 h), a mesma quantidade de aglomerado (35-36 t). E ao falar “adaptar o forno”, ele se refere aos ajustes “finos” que a situação de estabilidade requer que ele faça.

Nesse contexto, o operador só utilizava como combustível o *diesel*. Como podemos ver no Gráfico 9 e na Tabela 2, foram necessários os seguintes ajustes nesse parâmetro:

Gráfico 9 - Variações dos combustíveis *diesel* e carvão durante o turno envolvido (7 h às 13 h)



Fonte: Elaborado pela autora.

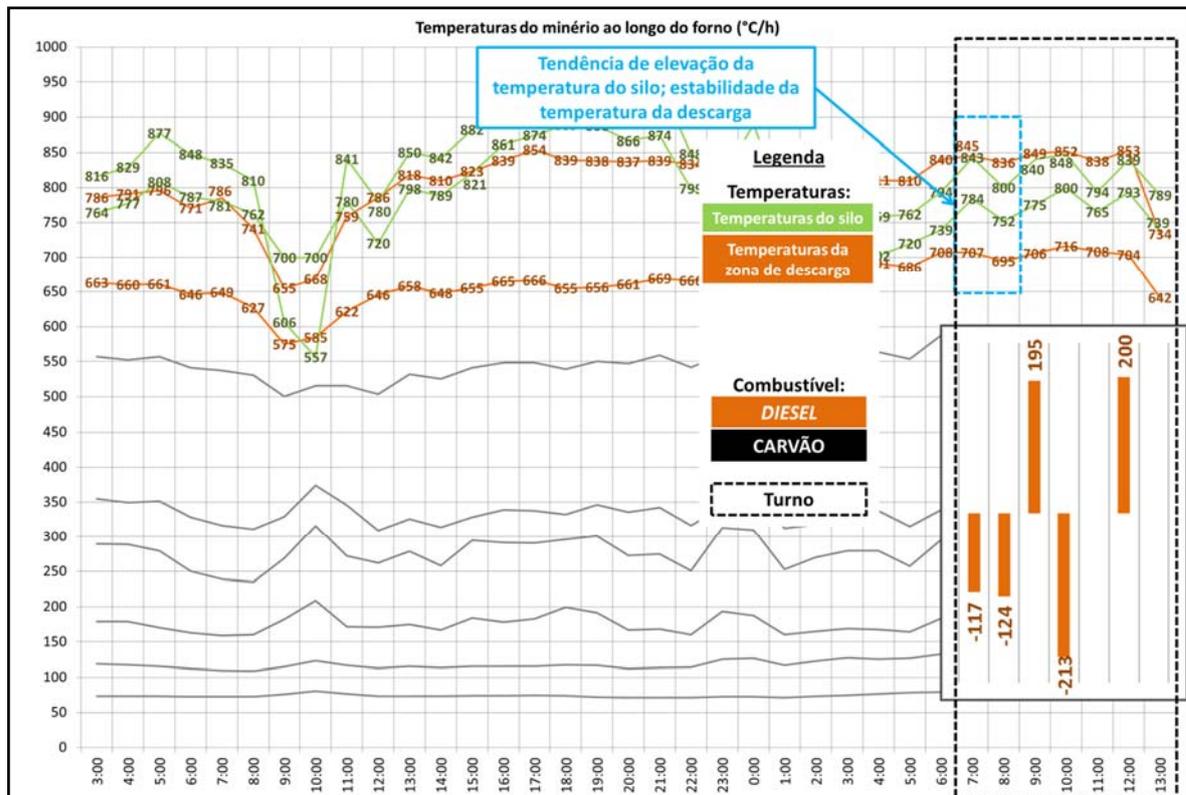
Tabela 2 - Valores dos ajustes mais significativos (> 100 kg) nos combustíveis

	Diesel	Carvão
07:00	-117	x
08:00	-124	x
09:00	195	x
10:00	-213	x
11:00		x
12:00	200	x
13:00		x

Fonte: Elaborada pela autora.

No Gráfico 10, representativo do perfil térmico do forno, podemos visualizar que, pelo fato de ter iniciado o turno com as temperaturas na zona de descarga estáveis e as temperaturas no silo tendendo a subir (tracejado azul), o operador realiza dois pequenos ajustes para diminuir a quantidade de combustível (seta azul, -117 kg às 7 h e -124 kg às 8 h); diminuindo as temperaturas do silo.

Gráfico 10 - Comparação entre as temperaturas do minério ao longo do forno e os ajustes efetuados nos combustíveis

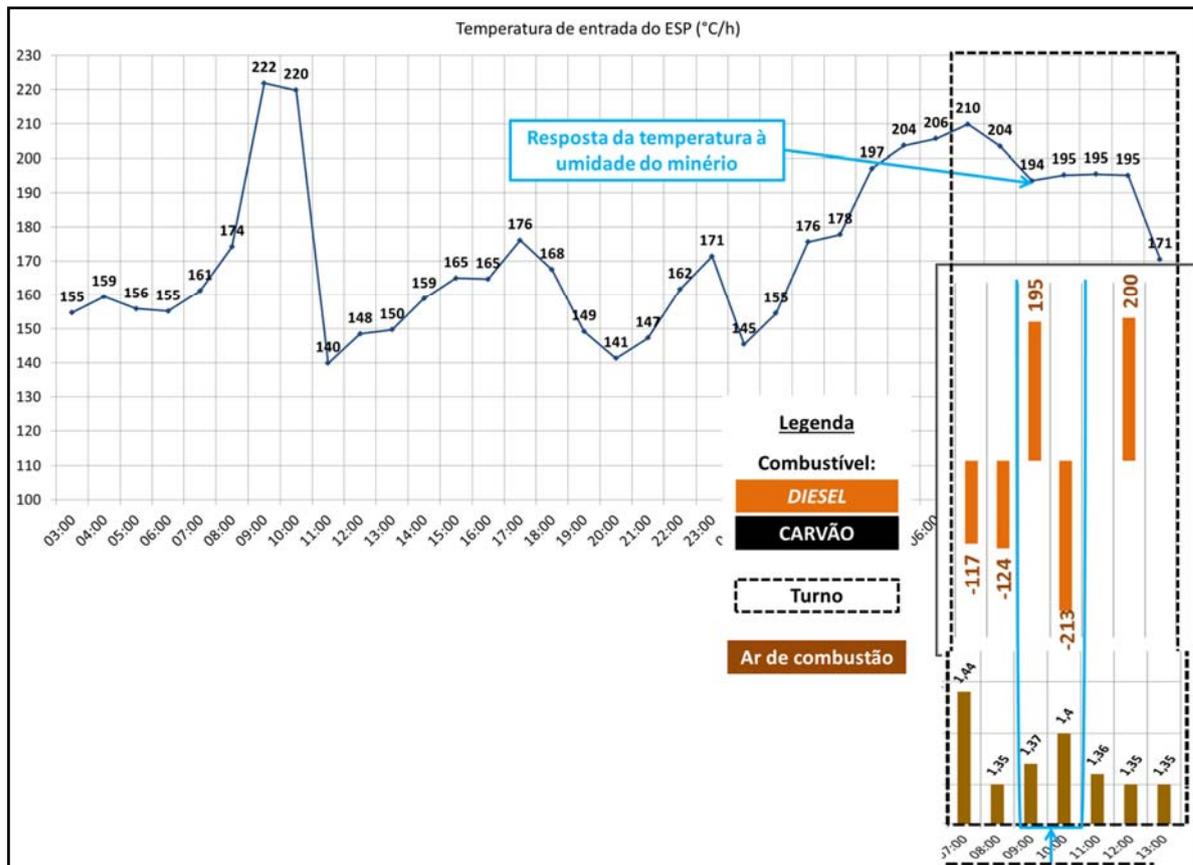


Observação: Em destaque, o momento em que as temperaturas da zona de descarga estão estáveis e as do silo tendem a subir; e os pequenos ajustes efetuados no *diesel*.

Fonte: Elaborado pela autora.

Já no Gráfico 11, que mostra a temperatura de entrada do ESP, o operador observa a queda da temperatura (de 210 °C às 7 h para 194 °C às 9 h). Relaciona a queda à resposta dessa temperatura com a umidade de minério alimentado. Isto é, mesmo recebendo minério de um alimentador confiável em relação à quantidade, o operador enfrenta uma variabilidade em relação à umidade do minério alimentado. O minério mais úmido diminui essa temperatura de entrada do ESP.

Gráfico 11 - Comparação entre a temperatura de entrada do ESP, os ajustes efetuados nos combustíveis e a proporção de ar de combustão secundário



Observação: Em destaque, a resposta da temperatura de entrada do ESP à troca do alimentador e a combinação dos ajustes no *diesel* e no ar de combustão secundário.

Fonte: Elaborado pela autora.

O operador relaciona essa temperatura com a limitação do transporte de pó e com o tipo de combustível usado:

A temperatura de entrada do ESP não estava tão boa. Temos que trabalhar acima de 230 °C. Não está ruim, mas mais alta seria melhor para preparar o material. Mas, para a operação, desse jeito [com uma temperatura mais baixa] ajuda muito no transporte de pó. O pó não vai tão quente.

Como estávamos usando só diesel, por queimar rápido, queima na descarga, então a gente nunca iria conseguir uma temperatura mais alta na entrada. (Operador)

O operador aumenta a quantidade de *diesel* (no Gráfico 11, 195 kg às 9 h) e a proporção de ar de combustão secundário (de 1,35 até 1,4 entre 9 h e 10 h). Essa combinação objetiva estabilizar a temperatura de entrada do ESP, já que o combustível aumenta o calor, e o ar de combustão secundário direciona esse calor

para a extremidade oposta à da chama, ou seja, na extremidade de alimentação do calcinador, na qual a temperatura de entrada do ESP é aferida.

Ao atingir seu objetivo, o operador precisa retornar à condição anterior, ou seja, diminuir a quantidade de *diesel* (no Gráfico 11, -213 kg às 10 h) e a proporção de ar de combustão secundário (no Gráfico 11, de 1,4 até 1,36 entre 10 h e 11 h). É necessário que esse retorno aconteça porque, apesar de manter a temperatura de entrada do ESP, a primeira ação também aumenta a quantidade e a temperatura do pó gerado dentro do forno. Para não comprometer o funcionamento do transporte de pó,¹⁷ o operador “desfaz” sua primeira ação.

A condição engessada do operador, definida pela gerência no contexto do caso dos cliques, acabou por vincular sua ação ao ajuste de apenas um parâmetro: o combustível. Já durante a realização desta pesquisa, nós nos aproximamos ainda mais da complexidade da ação do operador, uma vez que, nesse período, ele tinha autonomia para ajustar o ar de combustão. Mas, ainda assim, podemos observar que muitos outros fatores do contexto podem limitar a sua ação.

4.5 Modelo expertise x variabilidade

A análise da atividade do operador na sala de controle da calcinação, nos dois casos apresentados, nos permitiu entender quais elementos configuram o contexto da ação e como eles interferem na tomada de decisão. Uma troca específica de alimentador, por exemplo, pode ser um dos elementos relevantes do contexto. Dependendo do tipo de troca e do que mais acontece naquele período, o operador realiza ou não o ajuste.

Na primeira situação, ou seja, no caso dos cliques, com recorrentes trocas de alimentadores, combinadas a temperaturas altas na zona de descarga, o operador mostrou que muitos dos seus ajustes no combustível objetivavam não deixar que consequência pior acontecesse: o desarme do calcinador. Dessa forma, contar o número de ajustes feitos pelo operador não faz sentido algum. Executar muitos

¹⁷ O transporte de pó é responsável pela coleta do pó de minério ao longo de todas as cinco etapas (1-britagem, 2-secagem, 3-calcinação, 4-redução e 5-refino), inclusive no calcinador. É esse pó que, na área de aglomeração, é misturado com água e reprocessado no calcinador.

ajustes, como no caso dos cliques, pode estar relacionado à tentativa de amenizar instabilidades geradas por falhas nos equipamentos.

Contrapor os dois casos analisados, em que os processos se apresentaram de formas distintas – um instável e outro estável – e em que as quantidades de ajustes se relacionaram a cada contexto, permite responder à pergunta “como saber se o operador regula ou cria variabilidade?”. Isso pode ser obtido, a princípio, através da relação entre o processo produtivo e a intervenção do operador (Quadro 3).

Quadro 3 - Relação entre o processo produtivo e as intervenções do operador

		Processo	
		Instável	Estável
Intervenções	Muitas	Regulação grossa (ex.: caso dos cliques) e/ou criação de variabilidade 1	Criação de variabilidade 2
	Poucas	Engessamento total 3	Regulação fina (ex.: alimentação estável) 4

Fonte: Elaborado pela autora.

Se, em um processo instável, o operador realiza muitas intervenções, podemos considerar que ele faz uma regulação grossa (quadrante 1) – como no caso dos cliques – ou cria variabilidade. Nesse último caso, a instabilidade do processo, no entanto, acabaria por encobrir a criação de variabilidade.

Se, em um processo estável, o operador realiza muitas intervenções, podemos considerar que ele está criando variabilidade (quadrante 2). Como o caso “Alimentação estável” demonstrou, um processo produtivo mais estável solicita menos intervenções do operador.

Se, em um processo instável, o operador realiza poucas intervenções, podemos considerar que ele está impedido de fazer os ajustes (quadrante 3). A causa do engessamento pode ser decorrente de ordens gerenciais, de restrições do sistema

operacional – como travas de segurança –, de exigências em seguir o procedimento à risca ou de insegurança.

Se, em um processo estável, o operador realiza poucas intervenções, podemos considerar que ele faz uma regulação fina (quadrante 4) – como no caso “Alimentação estável”. Nessa situação, o operador realizou uma quantidade menor de ajustes, usando a combinação de dois ajustes em parâmetros diferentes – o ar de combustão e o combustível – para atingir seu objetivo.

Levar em consideração uma situação dentro desse quadro, por meio da quantidade de ajustes relacionada ao contexto, é um passo adiante quando se compara ao que fez o fornecedor. Mas isso não é suficiente. O uso desse recurso só faz sentido quando aliado à análise qualitativa. Não podemos descartar a riqueza da singularidade de cada caso ao classificá-lo em um ou em outro quadrante.

Na análise do caso “Alimentação estável”, por exemplo, mesmo tendo um número menor de ajustes, o mais relevante é observar como o operador fez esses ajustes. Nós nos aproximamos de sua lógica de ação através da autoconfrontação (CLOT, 2010; LIMA in KIEFER et al., 2001; THEUREAU, 2014), que possibilita compreender o sentido intrínseco das ações, ou seja, realizar uma análise da atividade do ponto de vista de quem a executa. Destacaremos dois exemplos extraídos das análises anteriores.

4.5.1 O esperado nem sempre acontece

Quando se troca um alimentador que passa uma quantidade maior para um que passa uma quantidade menor de minério, espera-se que a temperatura de entrada do ESP aumente. Teoricamente, a explicação funciona: com menor quantidade de minério entrando no calcinador e a mesma quantidade de calor produzido, a temperatura nessa região aumentaria. No entanto, na prática, a temperatura diminui.

Ainda que o operador conheça o esperado, sua experiência prática diz que nem sempre aquilo que se espera acontece, tendo em vista que muitas são as inter-relações dos elementos que configuram essa situação de trabalho. Assim, ele busca

explicação da queda da temperatura nos dados de alimentação de aglomerado: outro parâmetro que, de forma diferente, interfere no seu processo decisório.

4.5.2 O prejuízo de um em benefício de outro

Preparar bem o material na entrada do calcinador ou garantir o funcionamento do transporte de pó? O operador escolhe manter a temperatura de entrada do ESP em 194 °C, mesmo sabendo que o ideal para o processo de calcinação do minério é mantê-lo em 230 °C. Ele prejudica um, para priorizar o outro: o funcionamento do transporte de pó está garantido, uma vez que a quantidade e a temperatura do pó gerado dentro do forno não serão aumentadas. Na prática, os operadores lidam o tempo todo com *trade-offs* e escolhas como essa.

A análise do segundo conjunto de situações confirma a ideia de que tentativas de padronizar situações sem a análise qualitativa não funcionam. Isto é, quando o engenheiro projeta o que o operador deve fazer em situações estáveis do processo produtivo, o último vai além do que está formalizado e isso permite a ação eficaz.

4.6 Análise da atividade: segundo conjunto - Situação 01 e Situação 02

Os fornecedores do forno calcinador e os engenheiros responsáveis pela área de calcinação elaboraram um manual de operação do forno. Esse consiste em um impresso com instruções operacionais referentes aos equipamentos que compõem essa área. No final do documento, 27 possíveis casos são descritos através de três parâmetros: (1) temperatura do minério na extremidade de descarga; (2) temperatura dos gases ao longo do forno; e (3) temperatura dos gases na extremidade de alimentação. Além da descrição, são indicados “itens a serem verificados antes de fazer alterações” e “ações a serem tomadas após a verificação e correção”. Então, caberia ao operador, com esse manual “em mãos”, apenas “diagnosticar” a situação através dos três parâmetros e seguir as regras expressas.

As duas situações mostradas a seguir se assemelham por apresentarem altas temperaturas na zona de descarga, com risco de desarme do queimador, baixas temperaturas na entrada do ESP e baixas temperaturas ao longo do forno. E, por isso,

encaixam-se perfeitamente na definição do caso 19 do manual elaborado pelos fornecedores.

Como podemos ver na Figura 10, um quadro contém todas as informações do manual para a definição da situação e como o operador deve proceder.

Figura 10 - Manual de operação elaborado pelos fornecedores

Definição do caso 19:	
Temperatura na descarga	ALTA
Temperatura dos gases ao longo do forno	BAIXA
Temperatura de entrada do ESP	BAIXA
Caso 19	
Itens a serem verificados antes de fazer alterações	1 Umidade da alimentação alta
	2 Taxa da alimentação alta
	3 Anel na zona da queima (amperagem)
	4 Ar de combustão terciário
	5 Chama baixa (ar primário alto e ar secundário baixo)
Ações a serem tomadas após a verificação e correção	1 Aumentar Ar 1º, 2º e 3º/Combustível
	2 Diminuir Ar 1º e 2º/Combustível
	3 Aumentar taxa de fluxo de combustível

Fonte: Adaptado de documento utilizado na pesquisa.

A análise que se segue revela que essa aparente semelhança esconde muitas diferenças.

O manual apresenta “itens a serem verificados antes de fazer alterações”. Mas os cursos das ações analisadas nos mostram que, se essa verificação fosse feita somente quando a configuração aparecesse, o operador não conseguiria fazer a regulação indicada no manual. A “verificação” e a “correção” fazem parte da própria

ação do operador: ele age verificando e corrigindo, muitas vezes se antecipando à ocorrência de determinada configuração não desejada.

No Quadro 4, comparativo entre o manual e o operador em cada uma das duas situações analisadas, podemos ver que no caso 19, o item 1 de verificação é “Umidade da alimentação alta”. Por outro lado, em situação, o operador não verifica esse item diretamente. Ele monitora os elementos que se relacionam com a umidade – nas Situações 01 e 02, a alimentação do aglomerado e a troca de alimentador –, e ele pode, assim, antecipar uma ação objetivando evitar que um desses elementos aumente a umidade do minério. Em cada uma das situações, esses elementos se relacionavam de forma diferente. Apesar das duas situações estarem com a alimentação de aglomerado parada no início do turno (o aglomerado aumenta a umidade do minério), a troca de alimentador foi diferente (a umidade do minério varia de um alimentador para outro).

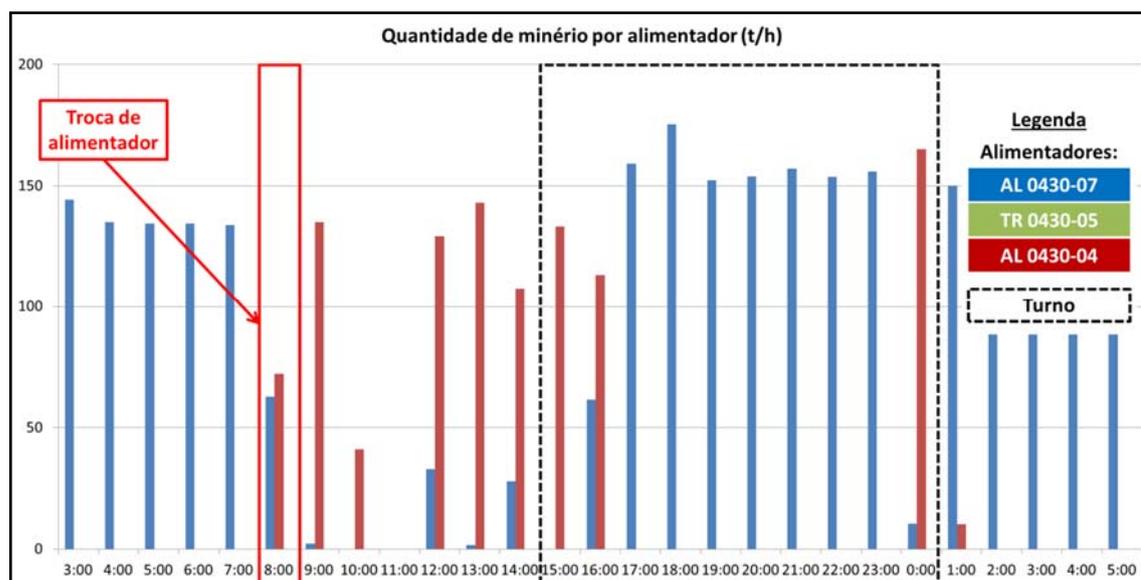
Quadro 4 – Comparação entre o manual de operação elaborado pelos fornecedores e as Situações 01 e 02

	Caso 19	Situação 01	Situação 02
Itens a serem verificados antes de fazer alterações	1 Umidade da alimentação alta	1 Alimentação de aglomerado parada no início do turno Mudança de alimentador: AL 0430-04 → AL 0430-07	1 Alimentação de aglomerado parada no início do turno Mudança de alimentador: AL 0430-07 → AL 0430-04
	2 Taxa da alimentação alta	2 Alimentação: baixa/parada 10min./alta *combina as variáveis/analisa o passado e avalia a situação atual para antecipar um ajuste	2 Alimentação: alta/parada 30min./baixa *combina as variáveis/analisa o passado e avalia a situação atual para antecipar um ajuste
	3 Anel na zona da queima (amperagem)	x	x
	4 Ar de combustão terciário	x	x
	5 Chama baixa (ar primário alto e ar secundário baixo)	5 A correção da chama baixa é impedida pela alta proporção de carvão redutor no minério	x
Outros itens	x	Diesel (Indisponibilidade de carvão)	Carvão
Ações a serem tomadas após a verificação e correção	1 Aumentar Ar 1º, 2º e 3º/Combustível	Como?	Como?
	2 Diminuir Ar 1º e 2º/Combustível		
	3 Aumentar taxa de fluxo de combustível		

Fonte: Adaptado de documento utilizado na pesquisa.

No item 2, “Taxa de alimentação alta”, o operador combina as variáveis, analisa o passado recente e avalia a situação atual para antecipar o ajuste. Por exemplo, na Situação 01, representada no Gráfico 12, a alimentação de minério do turno anterior à Situação 01 (das 7 h às 15 h) foi instável, ou seja, além de ter ocorrido uma troca às 8 h de um alimentador que passa maior quantidade de minério (indicado de azul, o AL 0430-07) para um que passa menor quantidade (indicado de vermelho, AL 0430-04), o forno ficou sem alimentação por quase duas horas (entre 10 h e 12 h).

Gráfico 12 - Trocas de alimentadores antes e durante o turno envolvido



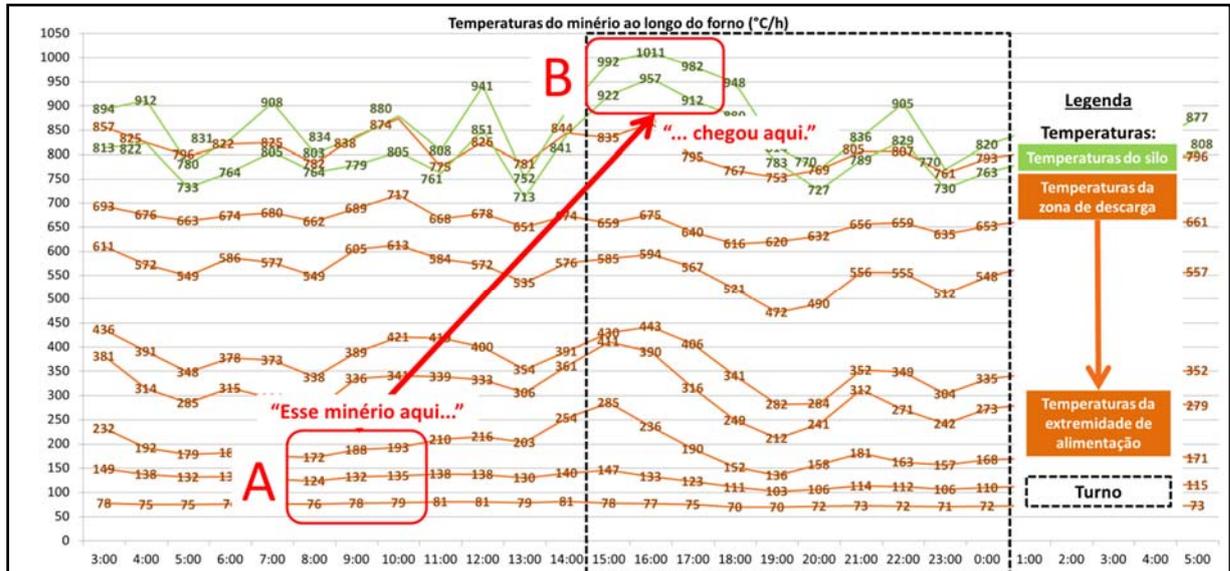
Observação: Em destaque, a troca de alimentador que antecedeu o turno envolvido.

Fonte: Elaborado pela autora.

O operador da Situação 01 relata que essa combinação de fatores acarreta algumas consequências que ocorrerão ainda em seu turno e que ele terá que gerir. Olhando para o gráfico do perfil térmico do forno (Gráfico 13), ele aponta para as temperaturas da extremidade da alimentação (letra A), registradas no turno anterior, e, em seguida, indica as temperaturas na zona de descarga (letra B), registradas em seu turno. Depois explica:

Na hora que esse minério 04 [alimentação do turno anterior assim que entra no forno] chegou aqui [na zona de descarga], começou a esquentar demais [a partir de 15 h e 16 h]. O 04 [AL 0430-04] passa menos [minério]. (Operador)

Gráfico 13 - Forma como o operador interpreta as temperaturas do minério ao longo do forno e como as relaciona com as variações enfrentadas na alimentação do material



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao correr o dedo, no Gráfico 13, da letra A para a letra B, ele indica que “lê” o gráfico de maneira peculiar. Ou seja, “olha” para as temperaturas da letra A e as relaciona com informações sobre a alimentação instável do turno anterior. Nos dados sobre a temperatura, também “enxerga” os dados sobre a alimentação de minério.

Retomando o quadro comparativo (Quadro 4), no item 5, “Chama baixa”, o operador nem sempre pode fazer a correção. Não é somente a possibilidade de ajustar o ar de combustão (primário e secundário) que garante a correção. O manual não considerou o tipo de combustível utilizado. Por exemplo, na Situação 01, o operador associa a alimentação de minério irregular à quantidade de carvão alimentado e ao fato de possuir apenas *diesel* como combustível disponível.

Com forno vazio, passando menos carga, a proporção do carvão maior e só com o *diesel*, não tem quem aguarde. (Operador)

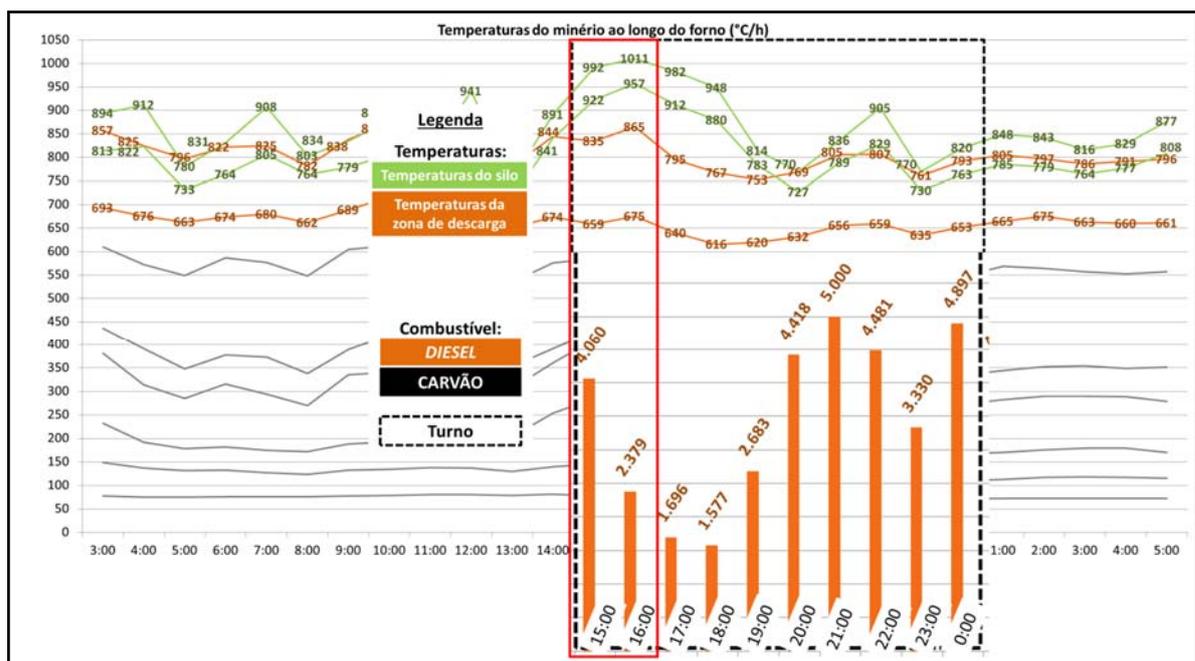
A combinação dos problemas da alimentação de minério com a consequente irregularidade na proporção de carvão redutor e a obrigação de operar com *diesel* por falta de disponibilidade de carvão combustível limitam a ação do operador: mesmo sem a restrição da gerência, como foi no caso dos cliques, o operador não pode utilizar

o ar de combustão, devido às condições que os problemas na alimentação causaram. Ele já sabe que sua margem de manobra será menor.

O carvão [reductor] estava indicando uma carga e vindo outra. Já estava trabalhando com diesel, porque não tinha carvão [combustível], aí a chama fica mais curta e sobreaquece mais atrás [na zona de descarga]. Não tem calcinador que agunte. (Operador)

A comparação que o operador fez, entre as temperaturas do minério na descarga e no silo e o consumo dos combustíveis, está representada no Gráfico 14. Como, nesse caso, o operador recebeu o turno com o silo na temperatura alta (às 15 h), um dos primeiros ajustes foi diminuir o combustível (das 15 h às 16 h).

Gráfico 14 - Comparação entre as temperaturas do minério na descarga e no silo e o consumo dos combustíveis



Observação: Em destaque (linha vermelha), o momento em que o operador faz a primeira mudança no *diesel* em função das temperaturas na zona de descarga.

Fonte: Elaborado pela autora.

A primeira mudança (no Gráfico 14, em destaque com linha vermelha, a diminuição de 1681 kg (das 15 h às 16 h) foi uma tentativa de diminuir a temperatura na zona de descarga. Mesmo com uma temperatura na zona de descarga dentro do esperado (835 °C e 865 °C, entre 15 h e 16 h), o raciocínio do operador, para realizar a

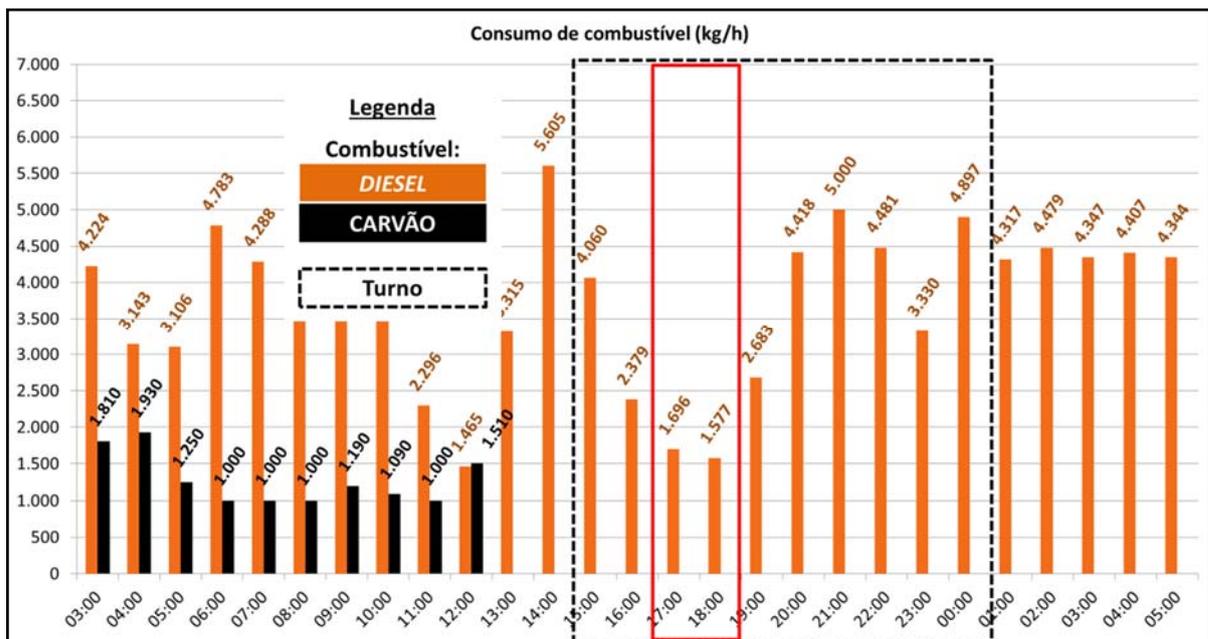
diminuição do combustível, parte das altíssimas temperaturas no silo de calcinado (991 °C e 1010 °C, entre 15 h e 16 h):

Pode ser que a temperatura aumente assim no silo com a entrada de ar falso. O que eu posso fazer é tentar diminuir a temperatura do material que vai chegar lá. (Operador)

O que não aparece no gráfico das temperaturas do minério ao longo do forno (Gráfico 14) são os picos de desarme que o operador enfrentou nessa ocasião, porque os dados utilizados para esse gráfico são registros da temperatura naquele horário (momentâneo). O sistema operacional utilizado pelo operador indica esses picos, porém o banco de dados não registra.

Esses picos acarretam duas paradas na alimentação de minério por desarme da chama, por causa dessas temperaturas altas no silo. Os dois desarmes do queimador justificam a queda do consumo após o primeiro ajuste (das 15 h às 16 h), no Gráfico 15, representado entre 17 h e 18 h:

Gráfico 15 - Queda no consumo de combustível em função dos desarmes do queimador



Fonte: Elaborado pela autora.

Como o banco de dados não registra esses desarmes, o operador precisa fazê-lo no relatório da operação, ilustrado na Figura 11:

Figura 11 - Relatório operacional referente à Situação 01

CALCINAÇÃO 02
<ul style="list-style-type: none"> • Recebemos o turno com calcinador em operação 180 t/h, 40 t/h de aglomerado, 3,2 % de carvão reductor (AL-0624-01 em modo manual 20 % de velocidade) • Obs. Quando recebemos o turno a temperatura dentro do silo 0622-TI-1119 estava alta com 1015 °C. • • INCREMENTO ALIMENTAÇÃO • 16:00hs 190 t/h; • 19:00hs 200 t/h; • Realizado teste no ignitor piloto, Ok; • 17h30min realizado pesagem de carvão reductor (Peso: 22.140 kg, Vel. 0,056, resultado 5.58 t/h, Valor requerido 6.08 t/h; • 16:37hs às 16:47hs Alimentação do calcinador ficou parada devido desarme da chama por temperatura alta no silo de descarga de calcinado 0622-TI-1119. acima de 1050°C; • 16:58hs às 17:08hs Alimentação do calcinador ficou parada devido desarme da chama por temperatura alta no silo de descarga de calcinado 0622-TI-1119. acima de 1050°C; • 17:00hs concluída a calibração da balança do AL-0430-07; • 17:08hs passamos alimentar o calcinador pelo AL-0430-07; • Solicitamos para Redução manter o nível do silo de calcinado acima de 40 t. para evitar entrada de ar falso dentro do silo; • 18:45hs iniciado alimentação de aglomerado 40 t/h; • 19:00hs passado a velocidade do AL-0624-01 para 21%; • 21:24hs aberto XV-1190;

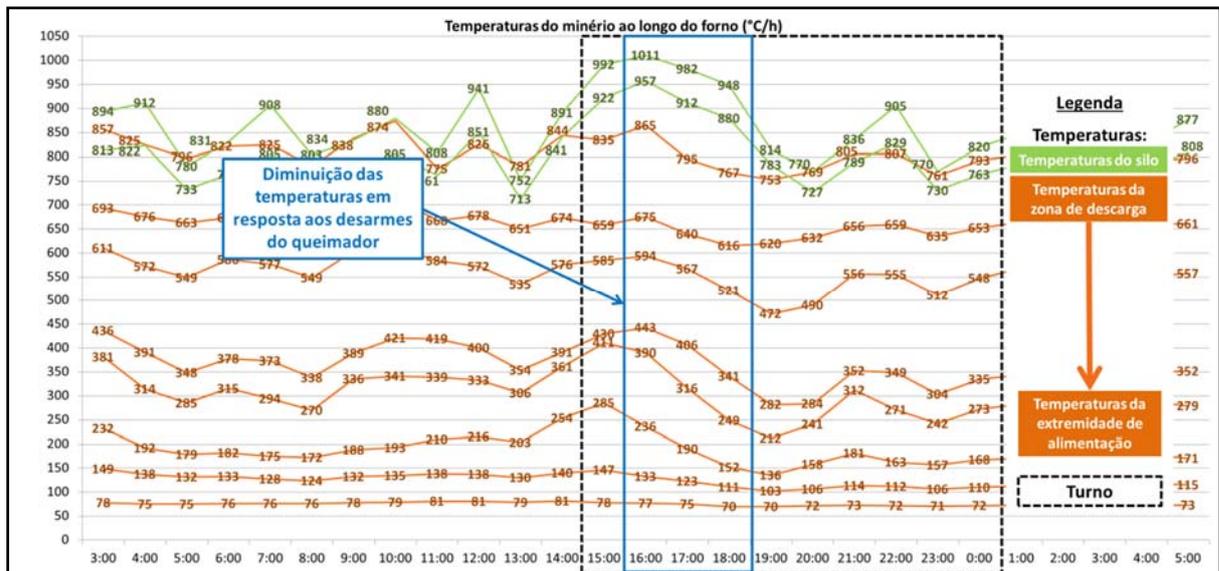
Fonte: Documento utilizado na pesquisa.

O operador indica no relatório (Figura 11) o período em que o calcinador ficou parado (das 16 h 37 min às 16 h 47 min para a primeira parada e das 16 h 58 min às 17 h 08 min para a segunda), o motivo da parada (“desarme da chama por temperatura alta no silo” para as duas paradas) e o valor da temperatura (1050 °C para as duas paradas).

Além de observar a diminuição no consumo de combustível (Gráfico 15), o operador observa, também, como consequência dos desarmes, a diminuição das temperaturas no perfil térmico (em destaque azul no Gráfico 16):

O gráfico está mostrado de hora em hora. Então, aqui [entre 16 h e 17 h] a chama já estava desligada, e o forno já estava esfriando um pouco. (Operador)

Gráfico 16 - Diminuição das temperaturas do minério ao longo do forno em função dos desarmes do queimador



Fonte: Elaborado pela autora.

Da comparação entre as prescrições do manual e a atuação do operador, abordada no início deste capítulo, comprovamos que as “ações a serem tomadas após verificação e correção” dizem pouco. O mais relevante para o operador é saber o “como?”. Além do que foi destacado anteriormente, um exemplo de “como?” da Situação 01 é apresentado a seguir.

4.6.1 Estratégia para não fazer purga

Quando acontecem desarmes do queimador, seja por parada da alimentação devido a temperaturas altas no silo (caso da Situação 01) ou por qualquer outro motivo, é necessário fazer, em seguida, um procedimento para reacender a chama do queimador. Esse procedimento é chamado de “purga”. Por que é necessária a purga?

Como as temperaturas do forno reagem rapidamente à perda da chama, o operador tem como objetivo evitar que isso aconteça: nessa situação, a tentativa de diminuir o combustível pretendia atender a esse objetivo. Porém, dois desarmes aconteceram.

O operador perde a chama, mas realiza a estratégia de *bypass* da purga: ao perder a chama devido à temperatura elevada na zona de descarga, o operador não realiza o processo de purga do queimador, pois esse demora obrigatoriamente 15 minutos.

Em substituição à purga, o operador aumenta a velocidade do ventilador de ar de combustão secundário com o propósito não só de jogar ar sobre o refratário quente, como também de provocar uma chama que será reconhecida pelo *scanner*. Conseqüentemente, o operador, com o reconhecimento da chama e com as temperaturas altas na zona de descarga, consegue aumentar a quantidade de *diesel* (cortado anteriormente pelo sistema de desarme do queimador) e recuperar a chama:

Eu perdi a chama, só que a gente 'bypassou' a purga porque demora 15 minutos. O negócio é o seguinte: como tem um scanner lá [na chama], com uma temperatura de no mínimo 760 °C, você aumenta a velocidade do ar secundário, e o ventilador joga muito vento no refratário. Como o refratário está muito quente, acaba incendiando, aí o *scanner* entende como chama. Reconhecendo a chama, ele libera o *diesel*. É uma gambiarra para ligar novamente o queimador. Para não ter que fazer purga. Para fazer a purga, imagina, são 15 minutos jogando ar dentro do forno, ele acaba esfriando todo. (Operador)

Neste caso, os operadores denominam de “gambiarra” o jeito criativo que desenvolveram para lidar com uma situação criada por um projeto pouco eficiente. A rigor, trata-se do que os ergonomistas denominam de “catacrese” ou, inspirados em Vigotski, de “gênese instrumental”, de como um artefato projetado pelos engenheiros só se torna funcional, um instrumento de fato útil e eficiente, após ser transformado ou reapropriado pelos operadores (FOLCHER; RABARDEL in FALZON, 2007). Essa limitação dos projetos de engenharia diante da realidade, nem sempre é reconhecida pelos engenheiros, o que constitui uma das razões de desentendimentos entre eles e os operadores.

5 MODELOS DE ENGENHARIA, EVENTOS E ATIVIDADE SITUADA: POR QUE ENGENHEIROS E OPERADORES NÃO SE ENTENDEM

A análise do primeiro conjunto de casos (Alimentação instável e Alimentação estável) permitiu comprovar que um aparente “excesso de cliques” era na verdade a ação solicitada ao operador pelo contexto instável e restringida por uma decisão gerencial. Já a análise do segundo conjunto (comparação da prescrição do manual com a ação do operador em situação) mostrou que a ação do operador vai muito além do que é possível representar em um manual, tanto no que diz respeito ao “diagnóstico” da situação, quanto às decisões de intervenção.

A revisão bibliográfica realizada neste capítulo tem como objetivo auxiliar, a partir desses resultados das análises, na elaboração de uma comparação entre certas características da atividade dos operadores e certos objetos do trabalho dos engenheiros que explicam por que persistem as incompreensões entre essas categorias profissionais a respeito da condução do processo de produção. Se a prescrição da tarefa é inerente à atividade dos engenheiros, seja em modelos explicativos, como no caso dos cliques, em que os engenheiros estabeleceram que uma “boa” operação é necessariamente uma operação com poucos ajustes, seja através do manual (análise do segundo conjunto), como esses modelos e regras abstratas devem se combinar na atividade concreta, aqui e agora, dos operadores?

Para isso, primeiramente apresentamos um breve resumo do trabalho de Vigotski (2010) a respeito dos conceitos espontâneos e dos conceitos científicos. Apesar de tratar da formação desses conceitos na criança, a comparação entre os dois tipos de conceitos mostra uma relação de oposição semelhante à existente entre operadores e engenheiros. Para aprofundar em como os operadores desenvolvem, a partir da prática, seu modelo operacional, adotamos a perspectiva sobre a formação dos conceitos pragmáticos da Didática Profissional (PASTRÉ apud FERREIRA, 2014). Porém, ao reconhecer que essa perspectiva cognitivista têm suas limitações (FERREIRA, 2014), quando assume o princípio que a teoria guia a prática, também recolhemos elementos das teorias da Ação Situada (SUCHMAN, 1987) e do Curso da Ação (THEUREAU, 2014) para entender como os operadores utilizam conceitos em situação.

5.1 Vigotski: conceitos espontâneos, científicos e o caminho de volta

Exploramos aqui a investigação experimental feita por Vigotski e apresentada em sua obra “A construção do pensamento e da linguagem”, especificamente o capítulo dedicado ao desenvolvimento dos conceitos científicos na infância. De forma geral, o autor considera em seu estudo a gênese histórica do desenvolvimento dos conceitos científicos, leva em conta como a criança utiliza os conceitos e confronta os dados das teorias e experiências realizadas anteriormente com as proposições de seu trabalho.

O cerne desse estudo, que se torna o ponto de conexão com esta dissertação, é a definição dos conceitos espontâneos e científicos. Vigotski destaca as diferenças entre esses conceitos para chegar à compreensão de como eles se desenvolvem. Mesmo os considerando conceitos opostos, Vigotski defende que o desenvolvimento dos conceitos espontâneos e o dos conceitos científicos são processos intimamente interligados, exercem influências um sobre o outro.

O autor reconhece a relevância da temática do desenvolvimento dos conceitos científicos na infância do ponto de vista prático e teórico. A relevância prática se dá na contribuição que esses estudos podem oferecer para a tarefa da escola de introduzir o aluno no sistema de conceitos científicos. E a relevância teórica é que a investigação do desenvolvimento dos conceitos científicos revela meios essenciais para a formação de conceitos de modo geral, o que nos ajuda também a analisar os processos cognitivos no trabalho.

Vigotski, em seu estudo experimental¹⁸ (proposto por J. I. Chif), tem como objetivo principal verificar a hipótese de que existe uma via original de desenvolvimento percorrida pelos conceitos científicos em comparação com os espontâneos. Desse experimento, observa que a incidência de resoluções corretas para os problemas que

¹⁸ O método experimental desse estudo se trata de “colocar diante do sujeito experimental questões congêneres e estudá-las paralelamente com base em matéria espontânea e científica” (VIGOTSKI, 2010, p.242). São essas: (1) contar histórias seguindo uma série de quadros; (2) concluir orações interrompidas pelos termos: “porque” e “embora”; (3) desenvolver palestras clínicas com a finalidade de revelar os níveis de assimilação das relações de causa e efeito e de sequência com base em matéria espontânea e científica.

envolvem conceitos científicos é maior que para os problemas que envolvem conceitos cotidianos. Vigotski explica esse resultado apresentando as diferenças entre conceitos científicos e espontâneos e suas definições.

Segundo Vigotski (2010), as diferenças são:

- 1) As condições de ensino - colaboração entre pedagogo e criança
O desenvolvimento dos conceitos científicos se transforma sob condições de ensino. Essas condições naturalmente vão prever a colaboração entre o pedagogo e a criança. Nessa colaboração, ocorre um amadurecimento das funções psicológicas superiores da criança, que podem ser visualizadas em uma maior voluntariedade para operar com os conceitos científicos que com os espontâneos.
- 2) O sistema organizado
Os conceitos científicos são providos em um sistema organizado, diferentemente dos conceitos espontâneos, que estão além desse sistema organizado de relações de generalidades dos conceitos.
- 3) A relação com a experiência pessoal da criança
Os conceitos espontâneos têm relação muito próxima com a experiência pessoal da criança, diferentemente dos conceitos científicos.
- 4) A força e fraqueza dos conceitos
Tudo que é forte no conceito científico é fraco no conceito espontâneo, e vice-versa, tudo que é forte no conceito espontâneo é fraco no conceito científico. Ou seja, no conceito espontâneo, é forte a experiência, o concreto e o fenômeno; já no conceito científico, é forte a generalidade. O conceito científico descende do concreto, do fenômeno. O conceito espontâneo ascende à generalização.
- 5) A originalidade do pensamento
Vigotski acredita que os conceitos científicos, por envolverem formas mais elevadas de pensamento, possuem originalidade maior que as formas de pensamento que participam da organização dos conceitos espontâneos.

Para entendermos essas diferenças e a comparação de conceitos espontâneos e científicos, é necessário elucidar o que caracteriza os conceitos espontâneos na criança na idade escolar. Vigotski utiliza a comparação do conceito espontâneo “irmão” e do conceito científico “lei de Arquimedes” como exemplo:

É amplamente conhecido o fato de que a criança formula melhor o que é a lei de Arquimedes do que o que é irmão. Isto não só pode decorrer do fato de que os conceitos percorreram caminhos diferentes em seu desenvolvimento. A criança assimila o conceito sobre a lei de Arquimedes de modo diferente do que assimila o conceito de irmão. Ela sabia o que era irmão, e no desenvolvimento desse conceito percorreu muitos estágios antes que aprendesse a definir essa palavra, se é que alguma vez na vida se lhe apresentou essa oportunidade. O desenvolvimento do conceito de irmão não começou pela explicação do professor nem pela formulação científica do conceito. Em compensação, esse conceito é saturado de uma rica experiência pessoal da criança. Ele já transcorreu uma parcela considerável do seu caminho de desenvolvimento e, em certo sentido, já esgotou o conteúdo puramente fatorial e empírico nele contido. Mas é precisamente estas últimas palavras que não podem ser ditas sobre o conceito lei de Arquimedes. (VIGOTSKI, 2010, p. 264).

Diante dessas diferenças, podemos relacionar, por um lado, o desenvolvimento dos conceitos espontâneos com os processos cognitivos no trabalho do operador e, por outro lado, o desenvolvimento dos conceitos científicos com os processos cognitivos no trabalho do engenheiro. Enquanto o engenheiro formula melhor o significado, por exemplo, de “temperatura”, o operador “sabe” o que é “temperatura” muito antes de aprender a definir essa palavra, de ter consciência de seu significado. O operador, assim como a criança em relação ao conceito “irmão”, dá ao conceito “temperatura” um sentido que é fruto de sua rica experiência pessoal. O engenheiro, por sua vez, facilmente dá ao conceito “temperatura” um significado, tem consciência das relações do conceito “temperatura” com outros conceitos e, também, define acertadamente essas relações.

Como demonstrado por Piaget, a criança na idade escolar não é capaz de “conscientizar relações que, não obstante, ela é capaz de usar de modo espontâneo, automático e plenamente correto quando isso não lhe exige uma tomada de consciência especial” (VIGOTSKI, 2010, p. 272). Por exemplo, quando se pede a uma criança de idade inferior aos sete anos que complete uma frase do tipo “Esse homem caiu da bicicleta porque...”, ela não consegue resolver. Apesar de cotidianamente, espontaneamente, conseguir utilizar a relação causal de forma correta, a criança não tem consciência dessa compreensão. De certa forma, o mesmo acontece com o operador, que muitas vezes não compreende as relações causais entre as variáveis do processo, mas consegue utilizá-las corretamente. Por exemplo, um supervisor nos relatou que certa vez, em sua área, determinado equipamento estava constantemente apresentando problemas e parando de funcionar. Acompanhando diariamente a

operação, o supervisor “descobriu” que, quando as portas do equipamento permaneciam abertas, o problema não ocorria. Ele sugeriu, então, que o equipamento passasse a funcionar sempre de portas abertas.

Não aceitaram minha sugestão. Foi preciso contratar um engenheiro de outro país, para fazer um longo estudo e no final, explicar que era necessário manter o equipamento com as portas abertas. Eu sabia que tinha que funcionar de portas abertas, só não tinha condições de explicar aos engenheiros da forma como eles queriam. (Supervisor)

Então, para Vigotski, a tomada de consciência baseia-se na generalização dos próprios processos psíquicos, que redundam em sua apreensão. É a percepção da atividade do cérebro. É a consciência de ter consciência. Vigotski esclarece do que se trata essa consciência, para evitar confusões em relação à terminologia de Freud e da psicologia geral no seguinte exemplo:

Eu dou um nó. Faço isto conscientemente. Entretanto, não posso dizer exatamente como o fiz. Minha ação consciente acaba sendo inconsciente porque a minha atenção estava orientada para o ato de dar o nó, mas não na maneira como eu faço. A consciência sempre representa algum fragmento de realidade. O objeto da minha consciência é o ato de dar o nó, o próprio nó e tudo o que acontece com ele, mas não aquelas ações que produzo ao dar o nó nem a maneira como o faço. O fundamento disto é o ato de consciência, do qual é objeto da própria atividade da consciência. (VIGOTSKI, 2010, p. 288).

Então, para Vigotski, o conceito científico pressupõe tomada de consciência e o conceito espontâneo não necessariamente.

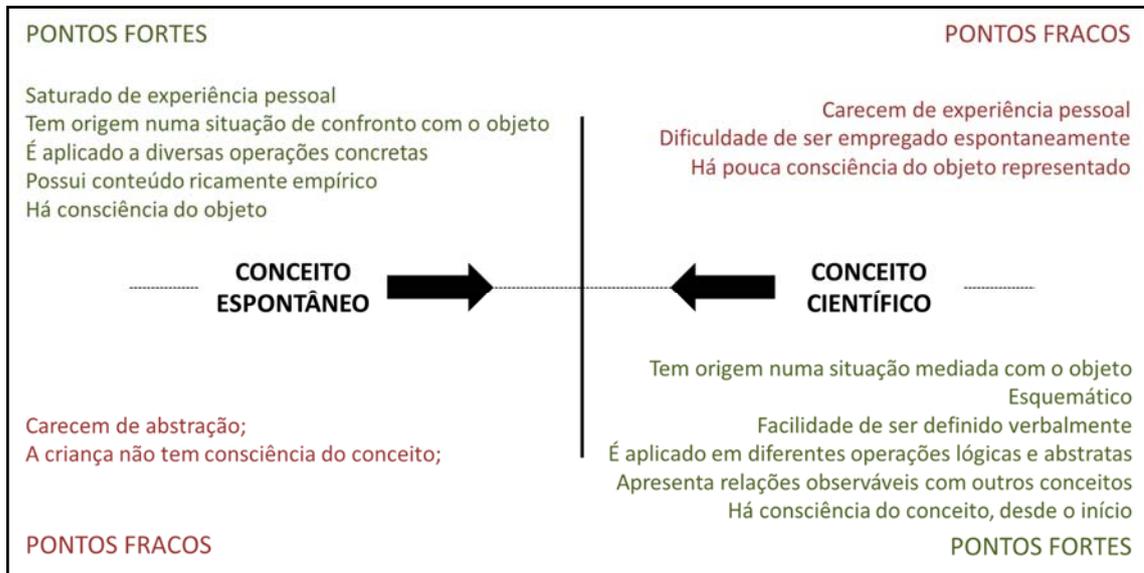
5.1.1 Do espontâneo ao científico – via de mão dupla

Os dois processos de desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos têm histórias e caminhos distintos, mas eles são inteiramente dependentes. O conceito espontâneo desenvolve o caminho da experiência pessoal, cotidiana, no campo do empirismo, em direção à generalização e abstração, que é o campo do conceito científico, que, por sua vez, desenvolve o caminho contrário.

Relacionamos, no esquema do Quadro 5, os pontos fortes e fracos dos conceitos científicos e espontâneos, para compreender como esses dois processos se diferenciam e como, de forma interdependente, promovem a evolução do outro. O

conceito científico pode ter influência decisiva e importante sob o espontâneo e vice-versa.

Quadro 5 - Relação dos conceitos científicos e espontâneos com seus respectivos pontos fortes e fracos



Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme a representação do Quadro 5, o conceito espontâneo é saturado de experiência pessoal; a criança usa o conceito mesmo sem ter consciência do uso da palavra, ele se origina da situação de confronto direto com o objeto.¹⁹ Além disso, o conceito espontâneo é aplicado às diversas operações concretas, possui conteúdo ricamente empírico; por isso, a criança tem mais consciência do objeto que do próprio conceito.

Por outro lado, o conceito científico tem origem em situação mediada por objeto, faz parte de um sistema esquematizado, há certa facilidade em se definir verbalmente o conceito, mesmo que não se tenha consciência do objeto. O conceito é aplicado em diferentes operações lógicas e abstratas, apresenta relações observáveis com outros conceitos e, desde quando que é apresentado à criança, essa tem consciência do conceito e não do objeto.

¹⁹ Mesmo não sendo dito por Vigotski, entende-se que, ao se referir a “objeto”, o autor considera que tanto o conceito espontâneo quanto o conceito científico podem estar relacionados a um objeto propriamente dito, a uma relação entre objetos, a um evento, a um processo, etc. É abrangente.

Embora possua esses pontos fortes, o conceito científico carece de experiência pessoal e é difícil de ser empregado espontaneamente. A criança tem pouca consciência do objeto representado pelo conceito. Por outro lado, o conceito espontâneo tem seu ponto fraco na carência de abstração. A criança não tem consciência do conceito.

No Quadro 5, pode-se observar que os dois processos interdependentes se encontram numa mesma direção (linha tracejada), mas seguem sentidos contrários (setas). Os pontos fortes de um superam os fracos do outro e, assim, auxiliam o desenvolvimento do outro.

Por exemplo, o conceito espontâneo carece de abstração, o conceito científico abre caminho para a abstração. A criança espontaneamente tem consciência do objeto, mas não tem do conceito. O desenvolvimento do conceito científico abre caminho para a consciência do conceito espontâneo. O contrário também acontece. O conceito científico carece de experiência pessoal, a criança dificilmente o emprega de forma espontânea. O desenvolvimento do conceito espontâneo abre caminho para a criança empregá-lo espontaneamente.

Dessa forma, o desenvolvimento acontece no encontro do conceito científico, mais ligado à definição conceitual e à voluntariedade, com o conceito espontâneo, mais ligado à consciência do objeto e à experiência cotidiana. Esse encontro se dá, “na mesma criança, aproximadamente nos limites do mesmo nível, no sentido de que não se pode separar os conceitos adquiridos na escola dos conceitos adquiridos em casa” (VIGOTSKI, 2010, p. 348).

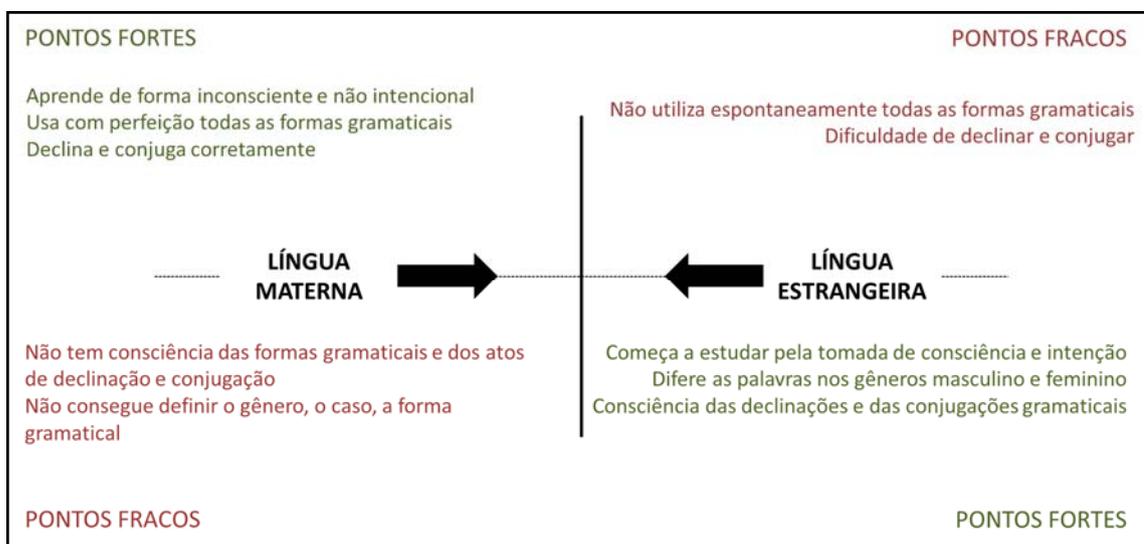
Embora, não se possa fazer essa separação, ambos os conceitos têm histórias distintas, caminhos diferentes e inter-relacionados. Cada conceito, ao percorrer seu "caminho", abre passagem para que o outro continue a se desenvolver – o científico, da abstração para o emprego espontâneo próximo da experiência cotidiana, e o espontâneo, da experiência para a generalização.

Vigotski explora esses processos de desenvolvimento empregando três analogias. Da mesma forma que o conceito espontâneo e o científico caminham, (1) a língua

materna e a estrangeira, (2) a fala e a linguagem escrita e (3) a concepção aritmética e a algébrica de um número, também podem ser representadas por seus pontos fortes e fracos.

Aproveitando a analogia da língua materna e a estrangeira, organizamos no mesmo esquema de desenvolvimento dos conceitos (Quadro 6) seus pontos fortes e fracos.

Quadro 6 - Relação da língua materna e da estrangeira com seus respectivos pontos fortes e fracos



Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 6, podemos ver que, em relação à língua materna, a criança aprende de forma inconsciente e não intencional, usa com perfeição todas as formas gramaticais e até declina e conjuga corretamente, embora não tenha consciência de que está fazendo isso.

Já em relação à língua estrangeira, a criança começa a estudar pela tomada de consciência e intenção, consegue diferenciar as palavras nos gêneros feminino e masculino desde o início e tem consciência das declinações e conjugações gramaticais. Embora ela não utilize espontaneamente essas formas gramaticais que são conscientes, tem dificuldade de fazer a declinação e conjugação. Vigotski se detém nessa analogia e conclui que “entre essas duas vias de desenvolvimento de sentidos contrários existe uma interdependência”, ou seja:

O aprendizado consciente e intencional de uma língua estrangeira se apoia com toda evidência em um determinado nível de desenvolvimento da língua materna. A criança aprende a língua estrangeira já dominando o sistema de significados na língua materna e transferindo-o para a esfera de outra língua. Mas o contrário também acontece: o aprendizado da língua estrangeira abre caminho ao domínio das formas superiores da língua materna. Permite à criança entender a língua materna como um caso particular de um sistema linguístico, logo, dá a ela a possibilidade de generalizar os fenômenos da língua materna, e isto significa tomar consciência das suas próprias operações linguísticas e dominá-las. (VIGOTSKI, 2010, p. 354).

Dessas analogias podemos compreender a importância que existe entre um conceito espontâneo (língua materna, fala...) e um conceito científico (língua estrangeira, escrita...). Já entre operadores e engenheiros, essa analogia só pode ser utilizada em parte, uma vez que entre eles não se observa essa relação mútua. As diferenças se chocam e pouco se vê um abrindo caminho para o outro.

5.2 Formação de conceitos pragmáticos: Didática Profissional

A generalização não é um processo explorado apenas por Vigotski (2010). Baseada na perspectiva piagetiana, a Didática Profissional trata das conceptualizações relacionadas à competência prática. Tem como objetivo a formação profissional. Por abordar tal tema, serviu de base para o estudo de Ferreira (2014) que tratou da relação entre a representação e a prática em situação.

A primeira generalização tratada por essa perspectiva cognitivista é a conceptualização. A produção de um conceito a partir de um processo de abstração que consiste em “reter de uma totalidade concreta uma propriedade que se acredita destacável” (PASTRÉ, 2011 apud FERREIRA, p. 34). Mas não se trata de uma conceptualização qualquer, e sim da conceptualização na ação, isto é, “como os sujeitos constroem conhecimento na ação ao buscarem se adaptar às circunstâncias do meio” (FERREIRA, 2014, p. 30). Enquanto a conceptualização tem como produto o conceito, a conceptualização na ação produz a imagem operatória. Mais do que produzir representações através da atividade do sujeito com a situação, a conceptualização na ação permite a prática eficaz que pressupõe selecionar, no ambiente, aspectos essenciais e pertinentes para agir.

Dessa discriminação de traços característicos da situação surgem os “conhecimentos em ato”, que são dificilmente explicitáveis e justificam o sentido e a pertinência da ação. Junto aos conhecimentos formais, esses conhecimentos implícitos na ação formam a dimensão cognitiva da atividade. Ou seja, a “tarefa prescrita é apenas uma parte da tarefa que se deve analisar, aquela que corresponde às prescrições, aos objetivos, as normas e aos procedimentos”. A prática não é a aplicação da teoria, “a atividade é o que é realizado pelos trabalhadores em situação no curso da ação, de forma situada e contingente às particularidades da situação imediata” (FERREIRA, 2014, p. 33).

Como o foco principal de análise e investigação da dimensão cognitiva é em relação à atividade de trabalho, a Didática Profissional incorporou a clássica distinção entre trabalho prescrito e trabalho real, que tem origem na metodologia da Análise Ergonômica do Trabalho, que fornece subsídios para a análise da atividade em situação real de trabalho.

5.2.1 Antes da explicação, a ação

Entre o fazer, com os conhecimentos em ato ali envolvidos, e a compreensão do fazer, existe uma distância reconhecida por Piaget (1978 apud FERREIRA, 2014). O saber fazer não coincide com o saber explicar, o primeiro se dá antes. E o que explica essa defasagem é o conceito de “esquema” de Piaget como uma “organização interna da ação, que permite compreender como aquela pode ser eficaz, reproduzível, adaptável e inteligível” (PASTRÉ apud FERREIRA, 2014, p. 35). Podemos dizer que o esquema trata de outro nível de generalização, é a representação da conceptualização em ato (que já é uma generalização). Ferreira (2014) caracteriza e diferencia essas duas generalizações:

Deste modo, a conceptualização na ação como um processo que abstrai as características pertinentes do meio para agir (imagem operatória) e representação como uma tomada de consciência destas relações, objetos e suas propriedades, constituem dois momentos distintos na ação, sendo que o segundo pode nunca se realizar. No primeiro caso, quando há apenas o fazer sem a compreensão, Piaget chama de coordenação agir, enquanto no segundo, de coordenação conceitual. O que difere as duas é o papel central da representação no segundo caso. Na coordenação agir, a dimensão conceitual é implícita, incorporada e mobilizada na ação, “ela é ligada ao corpo próprio” (PASTRÉ, 2011, p. 157), enquanto na coordenação conceitual,

o sujeito representa as transformações que ele opera no real sob a forma de operações mentais, isto é, realiza transformações de objetos de pensamento. (FERREIRA, 2014, p. 35).

O esquema é a conceptualização da conceptualização em ato. Pressupõe, assim como o conceito científico de Vigotski (2010), uma tomada de consciência, isto é, deixar de fazer sem consciência para fazer com consciência. Essa nova condição, como também considera Vigotski (2010), vai exercer influência positiva sobre a ação. No caso de Vigotski, a tomada de consciência dos conceitos científicos é de enorme significado para o desenvolvimento do pensamento da criança.

Entre o conceito que pressupõe tomada de consciência (conceito científico) e o que não pressupõe tal processo (conceito espontâneo), Vigotski (2010) estabeleceu uma relação de interdependência, mesmo os colocando em sentidos contrários. Ou seja, a via entre os dois conceitos é de mão dupla.

Por outro lado, ao explorar as etapas de tomada de consciência de Piaget, apesar de poder colocar dois elementos em oposição – a coordenação agir *versus* a coordenação conceitual –, se constata que, aqui, a via é de mão única. Parte da:

[...] coordenação agir, caracterizada pela abstração simples, pela identificação de regularidades no real que vão permitir a construção de condutas organizadas adaptadas [para a] coordenação conceitual, com a aparição de uma representação que permite redobrar as ações materiais em operações mentais. (FERREIRA, 2014, p. 36).

E chega a um nível mais elevado, que corresponde à “metacognição”, isto é, as reflexões sobre as abstrações “que permitem operações sobre operações” (FERREIRA, 2014, p. 36).

Justamente por seguir esse caminho, do esquema ao conceito e ao aparecimento da abstração reflexiva, a ação, que antes era guiada pelo saber incorporado (abstração simples), atinge um estágio mais avançado, quando passa a ser guiada pela representação e chega a se apoiar sobre uma teoria.

5.2.2 Como a teoria guia a ação?

Como, na coordenação conceitual, a teoria guia a ação? Como a conceptualização da conceptualização em ato (esquema) influencia a prática?

A dimensão conceitual do esquema é o que o torna inteligível. E como conceito, fruto de um processo de generalização, é em parte invariante. Como se inscreve sempre num acoplamento esquema-situação, o que não varia (parte invariante) é a “organização da conduta”, por outro lado, a conduta propriamente dita varia de acordo com a situação.

Esse poder de adaptação a diferentes situações, isto é, a capacidade invariável de representar traços da situação e suas variáveis, é a ligação entre o conhecimento e a ação em situação.

Compõem o esquema: os objetivos e antecipações, as regras de ação (observáveis do tipo “se... então”), invariantes operatórios (parte propriamente conceitual não explícita) e as inferências (ajustamento fino e fluido às particularidades da situação).

Os invariantes operatórios, a parte mais propriamente cognitiva do esquema, consistem nos conceitos em ato e nos teoremas-em-ato, e, assim, são responsáveis pela organização da ação e permitem o ajustamento da ação à situação (FERREIRA, 2014).

Um tipo particular de conceito em ato é o conceito pragmático. Como um invariante operatório, “tem a função de organizar a ação eficaz, permitindo um acoplamento forte entre as tomadas de informação efetuadas pelo sujeito e as operações que ele executa” (FERREIRA, 2014, p. 40).

Ferreira (2014) ainda destaca que os conceitos pragmáticos são mais importantes que as regras de ações, pois:

A multiplicidade, o emaranhado e a indeterminação dessas regras de ação são tais que seu domínio não é suficiente para fornecer aos operadores todos os elementos, lhes permitindo determinar a conduta a adotar. Somente um

diagnóstico do estado presente do sistema e de sua evolução permitirá escolher as regras de ação pertinentes em relação à situação. (PASTRÉ apud FERREIRA, 2014, p. 106).

Da definição dada por Ferreira (2014) destacamos as quatro características importantes dos conceitos pragmáticos para o entendimento da ação orientada pela teoria. O conceito pragmático:

- Está presente no valor que o sujeito dá a um indicador da situação; o real é percebido através desse diagnóstico; e, mesmo não sendo explícito na representação, não é menos presente na ação;
- Se dá através do uso; é construído na ação e não a partir de uma definição verbal;
- Possui caráter socialmente situado (*métier* profissional);
- É tácito; mesmo sabendo do que se trata, ninguém toma a iniciativa de defini-lo.

Esse conceito não é o único orientador da ação. Além dos conceitos pragmáticos, os pragmatizados também servem como meio da ação em determinada situação prática. Consistem em conceitos científicos e técnicos pragmatizados, isto é, utilizados como instrumento da ação.

Os conceitos pragmáticos ou pragmatizados compõem junto a outros três elementos (indicadores, classes de situações e estratégias almeçadas pelos sujeitos) a estrutura conceitual de uma situação. Para Pastré, o modelo operativo do sujeito, isto é, sua cognição, é relativo a como esse sujeito se apropria da estrutura conceitual. Ferreira (2014) relaciona estes dois aspectos, a estrutura conceitual e o modelo operativo, com o tipo de análise que cada um deles requer:

O modelo operativo é o que se deve buscar compreender com a análise da atividade, a partir das entrevistas em autoconfrontação, ao passo que a estrutura conceitual da situação é obtida a partir da análise da tarefa. Na primeira análise, busca-se conhecer os conceitos organizadores (pragmáticos ou pragmatizados) da atividade dos atores; na segunda, identificar a estrutura conceitual da situação, para em seguida compará-las a fim de compreender a eficácia ou a não eficácia dos atores. O passo seguinte é diminuir esta defasagem entre o modelo operativo dos menos competentes e a estrutura conceitual da situação, por meio da transmissão de conceitos e representações que leve ao acoplamento do modelo à situação. (FERREIRA, 2014, p. 41-42).

No que diz respeito à aprendizagem, não basta formalizar os conceitos pragmáticos ou pragmatizados para serem transmitidos. Assim como a gramática, a estrutura

conceitual da situação não organiza a ação sozinha, é necessário para isso o julgamento pragmático presente na atividade dos atores. Além da tarefa, “a análise deve contemplar também as meta-regras” (FERREIRA, 2014, p. 42), isto é, as regras que embasam as regras de ação e a escolha do conceito em dado momento no curso da ação.

Além do modelo operativo, outra importante consideração em relação aos conceitos pragmáticos é sua articulação com os conhecimentos empíricos. Dependendo do nível de complexidade envolvida na discriminação da situação em questão, o nível de conceptualização será mais ou menos complexo.

Os experientes sabem discriminar as situações normais das anormais e hierarquizar o nível de complexidade das situações, empregando estratégias condizentes com o problema. Diante de um problema simples, uma estratégia simples, e diante de um problema complexo, uma estratégia complexa. (FERREIRA, 2014, p. 43-44).

Pastré chamou de fonte de conhecimentos de base o primeiro nível de conceptualização, se referindo aos conhecimentos que se apoiam em observações empíricas identificando regularidades. Esses conhecimentos permitem constituir um repertório de ações que guiam a ação. Ferreira (2014) aponta que

[...] os indicadores (conceitos substância) e suas relações dominadas empiricamente compõem uma parte importante da competência dos sujeitos, ao lado dos conceitos pragmáticos e pragmatizados. [...] Em outros termos, é o mesmo que dizer que há sempre na atividade uma dimensão empírica, tácita e corporal do conhecer (conhecimentos de base) e outra explícita e verbal (conceitos). (FERREIRA, 2014, p. 46).

Dessa perspectiva podemos destacar importantes características da representação feita pelo operador. Por serem representações operatórias, ou seja, conhecimentos adquiridos durante o trabalho, elas assumem orientação prática no controle do sistema técnico (DANIELLOU; BOEL apud LIMA in ENEGEP, 1998). No entanto, isso não resolve os problemas em relação à articulação de conhecimentos formais e saberes práticos. De acordo com Keyser, esses saberes operatórios podem conduzir a um saber “em mosaico”, pois, relacionando com o que foi analisado nesta pesquisa, acrescentar o conhecimento de uma situação ao conhecimento de uma outra e de uma terceira, “não permite chegar necessariamente a um conhecimento funcional do

sistema” (KEYSER, 1980 apud DANIELLOU; Boel, 1985 apud LIMA in ENEGEP, 1998, p. 3).

Se, por um lado, o conhecimento formal conduz a erros, por desconsiderar indícios recolhidos nas situações reais vividas pelo operador, por outro, os conhecimentos operacionais dificilmente são agrupados em conhecimentos que são explicativos. Isso esclarece, em parte, o difícil diálogo entre os conhecimentos dos operadores da sala de controle e os conhecimentos de outras pessoas que intervêm sobre o processo, no nosso caso, o engenheiro.

Um exemplo desse difícil diálogo foi tratado por Ferreira (2004) ao analisar as causas da obtenção de informações incompletas e inadequadas entre operadores e programadores, destacando a diferença entre a construção dessas linguagens. A autora concluiu que os operadores se relacionam com sua atividade através da prática e do contexto. Essa atividade é baseada em experiências concretas e imediatas. Segundo a autora, “consiste em resolver problemas concretos e específicos do mundo real, a partir da identificação de situações singulares e da utilização de saberes históricos e situados” (FERREIRA, 2004, p. 132). E por essas características, sua linguagem é concreta e situada.

Por outro lado, a linguagem dos programadores é abstrata. O objeto da atividade dos programadores é a construção de regras formais a partir da abstração e generalização das situações reais. Sua linguagem é, portanto, abstrata e teórica, enquanto a dos operadores é operacional e concreta. Essa diferença de linguagem é responsável por parte das dificuldades de explicitação do saber, que se apresenta como “diálogo de surdos”, caracterizado pelo encontro de linguagens construídas a partir de lógicas opostas: a lógica concreta da prática *versus* a lógica da abstração e da generalização de situações reais e singulares. (FERREIRA, 2004, p. 132).

A separação destas duas posições, a posição de quem trabalha e a posição de quem generaliza ou explica o trabalho,

[...] está na raiz de toda uma série de problemas provocados pelo distanciamento entre reflexão e ação, isto é, entre a apreensão cognitiva da realidade material e de sua transformação através do trabalho diretamente produtivo (LIMA in LIMA; NORMAND, 1996, p. 161).

Essa “apreensão cognitiva dos nexos causais que ordenam o objeto de trabalho e os instrumentos” é intrínseca ao ato de trabalho, porém, seguindo a tendência das sociedades modernas, foi separada da ação propriamente dita (LIMA in LIMA; NORMAND, 1996, p. 161).

A limitação do desenvolvimento da subjetividade é um desses problemas provocados pela divisão social do trabalho e foi bem ilustrado por Lima (in LIMA; NORMAND, 1996) no relato do caso referente ao setor produtivo de uma indústria eletrônica. Nesse contexto empírico, o autor constatou que a separação entre o trabalho das operadoras e o dos mecânicos não permitia a

[...] reapropriação equitativa dos frutos do trabalho em termos de possibilidades efetivas de ação (distribuição do tempo entre ação e reflexão, atribuições, acesso à informação) e das qualificações correspondentes, ou seja, não apenas fora do trabalho, mas também dentro dele (LIMA in LIMA; NORMAND, 1996, p. 167).

A partir da análise, Lima mostrou que,

[...] quando se observam as interações entre operadoras e mecânicos, constata-se que o fluxo de informações é unidirecional (das operadoras para os mecânicos): os mecânicos obtêm as informações necessárias para regular o processo, mas deixam as operadoras sem nenhum retorno sobre os efeitos prováveis de suas ações. Assim, elas são obrigadas a reconstruir, sozinhas, representações aproximadas do funcionamento do processo sem, no entanto, dominarem todos os fundamentos técnicos para dar coerência a estas representações. (...) Esta trama intrincada de relações sociais entre os membros das equipes de trabalho, reflexos das relações sociais de dominação (que ao nível psicológico se traduzem em "desconfiança"), geram um estado quase permanente de "miséria cognitiva", isto é, as operadoras não podem desenvolver seus conhecimentos para além de um certo limite dado pela divisão social do trabalho e pela forma de organização temporal de suas atividades, isto é, da repartição do seu tempo de trabalho entre ação e reflexão sobre a ação. (LIMA in LIMA; NORMAND, 1996, p. 174).

Da mesma forma, entre operadores e engenheiros não fluem conhecimentos em todos os sentidos. Assim, vale lembrar, como também Lima (in LIMA; NORMAND, 1996) o fez, sobre o que Vigotski ensina em relação ao vínculo entre o campo inteiramente determinado pela tomada de consciência e voluntariedade (do conceito científico) e o campo da aplicação espontânea circunstancialmente conscientizada e concreta, da experiência e do empirismo (do conceito espontâneo). Esse vínculo, a “zona de desenvolvimento proximal” (VIGOTSKI, 2010), não é

[...] um estado definido de uma vez por todas, mas uma potência [...] quando se criam as condições sociais (e não apenas pessoais), graças às quais os indivíduos podem se apoiar mutuamente para desenvolverem suas potencialidades (LIMA in LIMA; NORMAND, 1996, p. 180).

Apesar de reconhecer a necessidade e a importância do estudo da atividade para se conhecer realmente a atividade cognitiva dos trabalhadores, e por considerar que a prática não é a aplicação da teoria, a perspectiva cognitivista considera que a teoria guia a prática: “toda prática eficaz é uma ação guiada por representações sobre a situação” (FERREIRA, 2014, p. 30).

Essa tese tem consequências tanto para a discussão da aprendizagem, uma vez que o modelo de ensino-aprendizagem formal é uma consequência dessa concepção cognitivista, quanto para o questionamento da organização do trabalho, já que “a pouca flexibilidade na divisão de tarefas coloca empecilhos à confrontação e transmissão mútua de conhecimentos entre os diferentes agentes de produção” (LIMA in ENEGEP, 1998, p. 3). Para esta dissertação, interessa não a discussão da aprendizagem em si, mas o que está envolvido na ação do operador. Se a teoria orienta a prática, por que seguir os procedimentos operacionais, as regras, o automatismo não garante a ação eficaz? Por que o operador não é capaz de representar sua própria ação eficaz e facilmente transmiti-la para quem está fora de sua prática, por exemplo, para o engenheiro?

Nesse sentido, retomando o que foi apresentado no capítulo 2 sobre a diferença entre o conhecimento formal e o conhecimento tácito. É a prática que permite o uso dos procedimentos operacionais, das máquinas, dos manuais, das teorias. É a ação do operador que faz as generalizações funcionarem. Por isso, mais importante que a teoria, é saber como usá-la, quando usá-la, quando ignorá-la, etc. É o saber “como fazer”, contingente e em situação.

5.3 Como os operadores utilizam conceitos em situação

A perspectiva da “Ação situada” (SUCHMAN, 1987) contrapõe-se ao modelo cognitivista. Porém, mais que a divergência entre essas duas abordagens, interessa-nos conhecer o outro lado da moeda, para aprofundar no entendimento de como os

operadores utilizam conceitos em situação. Buscamos entender “[...] a relação entre conhecimento e ação com as circunstâncias particulares em que conhecer e agir, invariavelmente, ocorrem” (tradução nossa).²⁰

Para que o foco seja esse, a abordagem da “Ação situada”²¹ propõe três mudanças na forma como a investigação sobre a ação deve proceder: (1) “a contingência de ação, em um mundo complexo de objetos, artefatos e outros atores, localizados no espaço e no tempo”,²² não é um problema a ser enfrentado pelo ator individual, e, sim, é o que confere sentido à ação; (2) compromisso com *grounding theories of action*: generalizações construídas indutivamente a partir de casos particulares; (3) o sentido da ação não é explicado por um esquema cognitivo prévio, ele emerge de interações a cada momento entre os atores e o contexto (SUCHMAN, 1987, p. 178).

Dessa forma, o próprio conceito de ação se amplia. A ação está relacionada à situação, percepção e cognição. A teoria do “Curso da Ação” (THEUREAU, 2014) parte desses pressupostos e introduz o caráter situado da cognição.

A ideia central é que a cognição é a manifestação de um saber a cada instante, resultante da relação do sujeito com o meio. Esse sistema formado por um ator e seu ambiente é autônomo e operacionalmente fechado.

Por sistema autônomo e operacionalmente fechado, se entende sua capacidade fundamental de ser, afirmar sua existência e fazer emergir um mundo que é significativo e pertinente e jamais definido a priori. (THEUREAU apud FERREIRA, 2014, p. 70).

Além do forte vínculo entre o sujeito e o meio, a atividade cognitiva possui uma temporalidade peculiar. Sobre esses dois aspectos, Theureau afirma que:

[...] a atividade cognitiva ou cognição no sentido mais amplo de um ator – quer dizer o conjunto da atividade de um ator como dando lugar à criação e/ou à manifestação de um saber, qualquer que seja a cada instante – consiste em uma dinâmica de seu acoplamento estrutural com seu ambiente, ou ainda em uma sucessão ou fluxo de interações assimétricas entre este

²⁰ No original: “[...] the relation of knowledge and action to the particular circumstances in which knowing and acting invariably occur”.

²¹ No original: “situated action”.

²² No original: “the contingency of action on a complex world of objects, artifacts, and other actors, located in space and time”.

ator e seu ambiente. Esta organização interna a cada instante, se ela herda a atividade passada do ator, é também antecipadora, isto é, seleciona com certa antecedência suas perturbações e suas respostas possíveis, o que confere à atividade humana uma organização temporal complexa, sincrônica e diacrônica (THEUREAU apud FERREIRA, 2014, p. 72).

Nessa atividade, que é em parte demonstrável, narrável, comentável, significativa, pré-reflexiva, está implícita uma regra,

[...] pois o sujeito age de forma significativa, sabe o que está fazendo, e é esta consciência pré-reflexiva, como um efeito de superfície do acoplamento do sujeito com a situação, que deve ser explicitado na análise da atividade (FERREIRA, 2014, p. 71).

Isso não quer dizer que a ação é um processo consciente. Não se sabe o que se faz, o que se sente e o que se percebe a cada momento,

[...] os sujeitos exercerem suas atividades nas práticas situadas de ver e dizer, muitas vezes inconscientes no momento da ação, mas caracterizadas pela criação e/ou manifestação de um saber em dado instante. (FERREIRA, 2014, p. 72).

Dessas ideias, destacamos dois aspectos principais no que diz respeito à ação do operador: (1) a sensibilidade ao contexto e (2) a temporalidade; e relacionamos com outros estudos e com os resultados das análises feitas neste estudo de caso, para finalizar o capítulo com as referências mais diretas a respeito do trabalho de vigilância.

5.3.1 A sensibilidade ao contexto

Lima afirma que:

Devido às características peculiares ao processo de produção na IPC (Indústria de Processo Contínuo), os saberes necessários para controlar o processo são fortemente contextualizados. Uma intervenção no processo, a correção de uma variável, o diagnóstico subjacente, a forma de alterar os parâmetros constituem uma atividade que implica uma forma específica de se relacionar com as situações de trabalho, profundamente arraigada na experiência anterior dos operadores e na vivência aqui e agora do processo (LIMA in ENEGEP, 1998, p. 6).

Podemos dizer que uma dessas características, vinculada à ação do operador, é sua imprevisibilidade. Essa incerteza, mesmo sendo “um dado ontológico ineliminável da produção”, como fonte de sofrimento pode ser eliminada, desde que se criem

“condições para se lidar com os eventos e os resultados imprevistos” (LIMA in ENEGEP, 1998, p. 4).

Outra característica peculiar ao processo de produção na IPC é que, nesse contexto, o operador enfrenta problemas definidos por Falzon (2007, p. 15) como:

[...] “problemas de concepção”, ou seja, “problemas mal definidos, no sentido em que o estado inicial é mal conhecido, o estado final precisa ser imaginado, e o caminho de um para o outro precisa ser construído. São problemas multidimensionais, admitindo várias soluções e diversos modos de resolução. Caracterizam-se também pelo fato de que problema e solução são construídos simultaneamente, em interação um com o outro.

Um exemplo desse tipo de problema, que também ilustra o forte vínculo da ação ao contexto, é a situação, relatada no capítulo 4 (Item 4.3), das balanças descalibradas no início da produção. Inicialmente, os operadores se depararam com um problema de causa não aparente: o calcinador de uma linha produzia menos minério calcinado que o calcinador da outra linha, com a mesma quantidade de minério alimentado (ou até mesmo com uma quantidade maior de minério alimentado).

Diante disso, salta aos olhos do operador algo que antes não era relevante: ao mudar de alimentador, a amperagem da nova correia aumentava ou diminuía em relação à amperagem da correia que estava operando anteriormente, mesmo sem mudança na indicação da quantidade de minério alimentado. Assim, a quantidade de minério que ali passava não seria a mesma que passava na correia anterior.

Foi então que, ao se dar conta da falta de confiabilidade das balanças, o operador começou a usar o valor da amperagem de cada correia para tentar corrigir a variação na quantidade de minério alimentado. Mas, isso tudo deixou de estar vinculado à ação do operador quando as balanças foram calibradas (caso “Alimentação estável”), isto é, um contexto em que as balanças estão calibradas solicitará do operador outras ações.

Esse exemplo nos mostra que “os vínculos com a situação impõem uma abordagem mais qualitativa e próxima das singularidades dos fatos e mais distante de regras e

leis universais. A verdade procede dos eventos, e não os precede” (LIMA in JEAN, 2005, p. 61).

5.3.2 A temporalidade

Não só incertezas e imprevisibilidades decorrem da complexidade do processo de produção nas IPCs. A vivência do tempo nesse contexto, diante dessas incertezas e da insuficiência das regras previstas (dos equipamentos), também tem suas peculiaridades.

Podemos dizer que, para o operador, essa vivência do tempo é completamente diferente da temporalidade que se configura para a engenharia. Como foi visto no “caso dos cliques”, o que para a engenharia parecia ser um descompasso entre o intervalo entre os cliques e o tempo de residência do material dentro do forno (em média 3,5 horas), para os operadores era a necessidade de lidar com parâmetros de respostas mais imediatas, antecipando desajustes que, de outra forma, aconteceriam mais tarde, quando as margens de manobra seriam também mais reduzidas. É uma lógica mais complexa do que a teórica.

Desse exemplo podemos confirmar que, para a engenharia,

[...] a operação é [deveria ser], para todos os efeitos, *um átomo de movimento objetivado*, cujas características são aquelas de um modelo físico determinista: descritível *a priori*, previsível, regular e passível de ser regulado por antecipação, através de normas organizacionais que prescrevem a execução das tarefas [por exemplo, o tempo de residência] (LIMA in JEAN, 2005, p. 59).

Essa visão da engenharia é oposta ao que Zarifian (apud LIMA in ENEGEP, 1998; 2005) entende sobre o trabalho nos sistemas automatizados. Para ele, no controle desses processos, o operador lida mais com eventos que com fatos (circunstâncias do mundo físico). Entende-se por evento:

[...] situações eventuais (eventualidade), que ocorrem de maneira não previsível” [e que] se caracterizam não apenas pelas situações de urgência (panes graves, paradas, etc.), mas também por situações em que vários pequenos problemas ou mesmo situações de rotina ocorrem simultaneamente. (LIMA in ENEGEP, 1998, p. 5).

O evento implica valores e finalidades atribuídos pelos homens e, assim,

[...] ao introduzir uma ruptura no tempo contínuo, instaura também uma temporalidade com características peculiares. Os tempos, presente e futuro, se sobressaem em relação ao tempo dos acontecimentos passados. O contexto do evento, a situação aqui e agora, o momento, adquire um grande valor para realizar o diagnóstico. Além disso, a partir do evento, um novo tempo começa, com uma estrutura (e princípio) que não se identifica mais com o tempo que dominava o sistema (ZARIFIAN apud LIMA in ENEGEP, 2005, p.60).

O tempo de residência do material no forno é estabelecido por um tempo contínuo. O operador não desconsidera esse tempo, mas lhe confere caráter subjetivo ao sujeitá-lo a seu julgamento de acordo com outros “tempos”, isto é, não só com o que já aconteceu, mas principalmente com o que está acontecendo e com o que prevê que irá acontecer.

Se, por um lado, a perspectiva da engenharia busca eliminar todo conteúdo subjetivo “das regras e procedimentos operacionais padrão, na medida em que avaliações subjetivas podem ser fontes de erros e não são reprodutíveis de modo inequívoco” (LIMA in JEAN, 2005, p. 54), por outro, a perspectiva da atividade não sufoca a engenhosidade viva do trabalho. Nela, como bem define Lima,

[...] as aquisições das competências pelos trabalhadores amplificam seus horizontes de ação, desenvolvem novos modos operatórios, assim como as capacidades de antecipação, a atividade vive em três dimensões temporais: passado, presente e futuro. Os novos eventos se produzem como experiência subjetiva, antes de poderem ser formalizados. O processo circular se funda sempre no campo da atividade, que assegura o funcionamento do todo, inclusive o bom funcionamento das normas (LIMA in JEAN, 2005, p. 66).

5.3.3 O que é o trabalho de vigilância: racionalidade da atividade dos operadores

Os dois aspectos tratados nos itens anteriores (5.3.1 A sensibilidade ao contexto e 5.3.2 A temporalidade), e seus respectivos desdobramentos, compõem o que é o trabalho de vigilância e diferenciam duas racionalidades no trabalho: a racionalidade orientada pelos modelos abstratos (a da engenharia) e a orientada pela atividade (a do operador) (LIMA in JEAN, 2005).

É necessário, portanto, reconhecer que nas empresas se confrontam doravante duas lógicas ou formas de racionalidade, pelas quais se tenta lidar com as diferenças entre as previsões e a realidade da produção. Trata-se, por um lado, das práticas e modelos utilizados pelos engenheiros, organizadores e informáticos, por meio dos quais se tenta controlar as variações dos sistemas produtivos, perseguindo e estimulando o aperfeiçoamento contínuo dos próprios modelos, normas e padrões; por outro lado, a atividade viva dos trabalhadores, os quais, sabemos, devem gerir quotidianamente a variabilidade das situações de trabalho (LIMA in JEAN, 2005, p. 52).

Partimos, então, da automação nas indústrias de processo contínuo (IPC), que se apresenta como aparente solução para a contradição entre saúde dos trabalhadores e eficiência da produção. Se comparado com o processo de trabalho de base manual, ela é desfeita pela “relação direta entre quantidade de produção e a carga de trabalho do operador que apenas vigia e controla o processo, comodamente assentado na sala de controle” (LIMA in ENEGEP, 1998, p. 2). Porém, a exigência física do trabalho de base manual, que antes esgotava os operadores, agora, se desloca para o psiquismo em exigências cognitivas e afetivas, próprias das novas funções desempenhadas pelo trabalho vivo.

Nesse sentido, um processo estável, como no caso “Alimentação estável”, confere ao operador menor carga de trabalho. No entanto, como também mostramos na referida análise, mesmo sem fazer muitas intervenções no sistema produtivo, não quer dizer que o operador não faz nada. Aqui, os operadores,

[...] ao contrário do que pode imaginar a hierarquia ou um visitante apressado, estão também trabalhando, vigiando ativamente determinados parâmetros e atento aos alarmes que porventura poderão soar indicando um evento inesperado (LIMA in ENEGEP, 1998, p. 5).

Submetidos ao poder hierárquico dos que estão apenas esporadicamente em contato com o processo, os operadores podem seguir dois caminhos: (1) ou acatam a ordem do chefe, mesmo sabendo que não é a melhor opção e, por isso, terão maior carga de trabalho; (2) ou agem da forma como consideram mais acertada e desenvolvem sua competência e autonomia, longe dos olhos do chefe. Dessa forma,

[...] quando nada de extraordinário acontece, tudo se passa como se o bom funcionamento tivesse sido assegurado pela obediência estrita às orientações de seus superiores, os quais são vistos como os responsáveis pelo bom funcionamento do processo (LIMA in ENEGEP, 1998, p. 7).

Os operadores, no entanto, “se tornam responsáveis apenas pelos erros, jamais sendo reconhecidos pelas decisões acertadas” (LIMA in ENEGEP, 1998, p. 7).

Assim, outra diferença entre a perspectiva da engenharia e da atividade se impõe, a racionalidade dos engenheiros acredita que “um sistema produtivo pode efetivamente funcionar sem a vigilância contínua dos homens e que os julgamentos subjetivos seja unicamente fonte de erros e não de aumento da confiabilidade” (LIMA in JEAN, 2005, p. 56). A partir dessa crença, descarta-se a singularidade e a historicidade das situações de trabalho.

O já mencionado caso das balanças descalibradas está no sentido oposto a essa ideia. De acordo com a racionalidade da atividade, considera-se que, tanto para a balança, quanto para qualquer outro sofisticado sistema especialista de controle ou até mesmo para um termômetro em um teste de laboratório,

[...] é a atividade de vigilância que assegura o bom funcionamento das máquinas, e toda vigilância é também benevolência: estar vigilante é colocar-se à frente, antecipando os problemas eventuais para evitar perturbações no processo produtivo (LIMA in JEAN, 2005, p. 58).

Como podemos ver no trecho acima, “evitar perturbações no processo produtivo” é, em parte, finalidade na atividade do operador. Mas, enquanto na racionalidade orientada pelos modelos abstratos se está em eterna “caça à variabilidade”, na racionalidade orientada pela atividade se regula a variabilidade.

Trata-se, mais propriamente, uma vez reconhecida a natureza ontológica da variabilidade, suas características de relativa obscuridade, indeterminação, imprevisibilidade, e sua inevitabilidade, de tirar as consequências necessárias quanto aos mecanismos e formas organizacionais apropriadas para seu controle. O controle da variabilidade continua sendo a finalidade da organização, mas mudam os meios, em especial quanto aos papéis desempenhados pela atividade de trabalho e pelos padrões (LIMA in JEAN, 2005, p. 53-54)

O papel da atividade está fortemente ligado à análise e à compreensão de situações eventuais. Complementando o que já mencionamos a respeito do conceito de evento de Zarifian (apud LIMA in JEAN, 2005), suas características, que contrastam com a racionalidade baseada em modelos abstratos, são:

- **A singularidade**, ou seja, “um acontecimento que não deveria estar na situação” (LIMA in JEAN, 2005, p. 59). Por exemplo, como vimos na análise do caso “Alimentação instável” (Item 4.4), o operador observa a temperatura de entrada do ESP, que responde às trocas de alimentador, e destaca a queda dessa temperatura. Uma resposta esperada nesse momento seria que a temperatura de entrada do ESP aumentasse por causa da troca do alimentador. No entanto, ela diminui. O evento, nesse caso, é singular, na medida em que “se situa fora da norma que descreve e avalia a situação em questão” (LIMA in JEAN, 2005, p. 59).
- **A imprevisibilidade**, que “se manifesta particularmente na relação que um evento instaura com o tempo e na urgência que o acompanha” (LIMA in JEAN, 2005, p. 60). Um inesperado desarme do queimador se torna urgente, pois o tempo que a produção fica parada é tempo perdido. Mas isso não quer dizer ter que agir apressadamente restabelecendo a chama, pelo contrário, o essencial é “a pesquisa ainda por ser feita sobre as causas da pane” (LIMA in JEAN, 2005, p. 60).
- **A importância** é a “atribuição social de um valor discriminante ao evento em relação a uma infinidade de fatos que o acompanham” (ZARIFIAN apud LIMA in JEAN, 2005, p. 60-61). Para essa característica, podemos usar como exemplo a escolha dos casos a serem analisados nesta pesquisa. Aos olhos dos operadores, esses casos se destacaram em relação a todas as outras situações, porque os operadores lhes atribuíram sentido.
- **A imanência à situação**, exemplificada no item 5.3.1 a respeito da sensibilidade ao contexto.

Contudo, ainda que estejam por ser construídas as condições sociais para que as lógicas da engenharia e da operação se harmonizem, diferenciá-las e compará-las nos auxiliou tanto na análise dos casos quanto na condução das consequências práticas deste trabalho apresentadas no último capítulo.

6 CONCLUSÃO: POR UMA CO-LABORAÇÃO BASEADA NO RECONHECIMENTO DE DIFERENÇAS

A hipótese de que a explicação do persistente conflito entre operadores e engenheiros encontra-se na oposição entre determinadas características da atividade dos operadores de controle de processos contínuos e características da atividade dos engenheiros, foi confirmada. Ainda que considerando apenas dois aspectos da atuação do engenheiro – quer atuando diretamente sobre o projeto do processo (projeto de equipamentos, parametrização do processo, balanço de massas...), quer “parametrizando” a ação dos operadores, isto é, projetando as tarefas em diferentes níveis de detalhamento –; os sentidos das duas lógicas se mostraram opostos, mesmo que, de certa forma, engenheiros e operadores estejam na mesma direção de manter o processo de produção sob controle.

6.1 A racionalidade dos modelos de engenharia

Os modelos de engenharia são baseados em uma racionalidade abstrata. Isso implica que o resultado final do trabalho do engenheiro é sempre a formalização em modelos mais ou menos abstratos, mesmo quando são modelos empíricos. Quando cumprem fins práticos, tais modelos são insuficientes para os operadores, pois são apenas momentos de generalizações, que devem, em seguida, retornar à vida concreta. Os engenheiros acreditam nessa formalização da prática e valorizam os formalismos, chegando a objetivar a atividade dos operadores em simples indicadores. O sentido profundo da ação lhes escapa, e, justamente por trabalharem com modelos mais formais, os engenheiros conseguem explicitar mais facilmente e em maior extensão as razões teóricas e abstratas para defender seus modelos.

Dessa forma, podemos relacionar a visão do gerente geral de operação com o pensamento comum que coloca o conhecimento teórico, adquirido e validado pela educação formal, acima do conhecimento prático na resolução de problemas no cotidiano industrial, na garantia de qualidade e no controle da produção. E, da mesma forma que o método puramente escolástico se baseia na definição do conceito e substitui a apreensão do conhecimento vivo pela apreensão de esquemas verbais

mortos e vazios (VIGOTSKI, 2010), o conhecimento teórico no contexto industrial se sobrepõe aos conhecimentos práticos.

Essa primazia determina as relações hierárquicas na indústria e a imposição de medidas de controle dos engenheiros sobre a prática dos operadores. Para os primeiros, estes, porque não conseguem expressar em linguagem formal o que fazem, não sabem o que fazem. Ou seja, da mesma forma que as máquinas precisam ser projetadas e ajustadas para funcionarem bem, o “não engenheiro”, o operador, precisa do padrão para saber como agir. Nessa perspectiva, os operadores são até piores que as máquinas; eles são “máquinas rebeldes”, que resistem a serem projetados, ajustados e monitorados.

Esses projetos, ajustes e monitoramentos atendem ao objetivo de eliminar, tanto quanto possível, a variabilidade do processo produtivo e, mesmo que nessa perspectiva sejam observadas diferenças entre os modelos teóricos e a realidade, essa diferença só serve para induzir o aperfeiçoamento contínuo dos modelos. Da distância entre o padrão utilizado e a realidade surge o novo padrão. E assim se dá a eterna busca de redução da variabilidade por parte dos engenheiros.

Porém, nesse caminho sem fim, não se consegue explicar o que acontece na mudança do padrão anteriormente adotado para o padrão revisado e reformulado, do velho para o novo. Isso porque o que é novo vem da experiência do operador, que se confronta em permanência à variabilidade do real, ao desconhecido e ao que ainda está por acontecer. E não existe modelo para o desconhecido, somente para o conhecido. Negar isso significa negar a própria história e as surpresas, boas e más, que ela nos reserva. Os engenheiros querem um modelo dinâmico que dê conta da melhoria contínua, do conhecimento aperfeiçoado, mas não sabem o que realmente acontece na chamada “curva de aprendizagem” durante a fase de *ramp-up*. Essa limitação pode ser superada através da racionalidade orientada pela atividade.

6.2 A racionalidade da atividade

Os modelos de operação são baseados na racionalidade concreta. A especificidade da atividade dos operadores, em especial a vigilância do processo contínuo de

produção, consiste em que o operador pouco se preocupa em formalizar seus modelos operacionais, práticos, estando sempre à frente e buscando lidar com os casos únicos que continuam aparecendo.

A um observador externo, a atividade em sala de controle, quando o processo está estabilizado, pode parecer rotineira e mesmo sem conteúdo, mas, segundo os operadores, nenhum dia é igual ao outro e mesmo equipamentos “idênticos” são bem diferentes. No caso da calcinação, como dizem os operadores, referindo-se aos dois fornos que operam em paralelo, “nada mais diferente do que dois fornos iguais”.

Por isso, qualquer tentativa de formalizar suas próprias regras práticas fica aquém do que os engenheiros precisam para projetar equipamentos, processos e procedimentos operacionais. A maior complexidade dos fenômenos reais, aos quais a prática é confrontada mais diretamente que a teoria, confere caráter lacunar ao modelo operacional. O problema maior não é que o operador, em decorrência de alguma deficiência cognitiva, não saiba formalizar sua experiência prática, e, sim, é que essa experiência transcende qualquer formalização, precisamente por ser experiência (vivida) e por ser prática. Um simples sinal é, para o operador, sintoma de complexos subjacentes. Isso permite que ele dê sentido, reinterprete e signifique os sintomas em configurações mais amplas, que tendem ao singular, ao caso único. Porém, em uma sociedade em que aquilo que é explicitado parece ter mais valor, o operador se vê em desvantagem, porque “só” têm a sua experiência vivida para dar suporte às suas posições.

6.3 Os engenheiros como trabalhadores

Um das primeiras dificuldades, portanto, de aproximar engenheiros e operadores é precisamente a distância entre eles, que cria uma invisibilidade do trabalho dos operadores, sobretudo quanto aos aspectos contextuais subjacentes aos dados registrados no sistema. Estes são apenas indicadores ou sintomas de complexas relações que às vezes desaparecem sem deixar rastros no sistema, como as relações temporais que os operadores consideram no momento de suas intervenções para ajustar o processo. Ao antecipar (e evitar) uma situação não desejada (como o desarme do queimador), os operadores lidam com relações temporais que são

percebidas pela conjugação das variáveis atuais e das tendências de evolução. Essas relações estão implícitas na configuração objetiva dos parâmetros registrados nos sistemas de controle, mas não são, elas mesmas, objeto de registro formal. Sua percepção depende da experiência dos operadores e são tão mais fugazes quanto maior a quantidade de configurações que o sistema pode assumir.

Mas essa invisibilidade do trabalho dos operadores, aumentada pela distância dos engenheiros, que pretendem tirar conclusões apenas a partir dos dados registrados no sistema, é apenas a dificuldade mais imediata. Mesmo quando os engenheiros estão geograficamente próximos aos operadores, na sala de controle, olhando os mesmos dados nas telas do sistema supervisorio, existem outras razões que fazem esse diálogo parecer, às vezes, um diálogo de surdos (FERREIRA, 2004).

Encontramos causas mais profundas das incompreensões que estão relacionadas à orientação divergente das duas atividades (LIMA in JEAN, 2005): a de engenharia, cuja finalidade principal é criar esquemas de funcionamento mais ou menos universais, gerais, orientada, por isso, à criação de padrões, normas técnicas e procedimentos; e a atividade de operação, cuja finalidade principal é lidar com situações singulares, fazendo com que o sistema se aproxime do funcionamento padrão definido pelos engenheiros. Ao fim e ao cabo, ambas as atividades tendem ao mesmo objetivo, mas, enquanto os engenheiros colocam o padrão como objeto e objetivo central de seu trabalho, para os operadores ele é apenas uma referência longínqua, que pode ou não resultar de suas ações singulares. Por isso, eventualmente esse funcionamento padrão pode ser atingido, ou mesmo superado, mas em si mesmo não é um recurso essencial para orientar a atividade caso a caso.

6.4 Consequências práticas deste trabalho

Antes de se fazer qualquer julgamento superficial e distante, sem se considerar a ação situada, as análises efetuadas nos mostram a importância de compreender a ação do operador no momento em que ela ocorre. Essa compreensão é rica de possibilidades para melhorar a produção em diversos aspectos. Quando o operador desconsidera um procedimento ou adota um comportamento diferente do esperado, ou é porque ele

encontrou algum impedimento ou porque ele desenvolveu uma inteligência maior do que a que está no padrão.

Durante a apresentação dos resultados deste trabalho, em *workshop* para os operadores, supervisores, engenheiros e gerentes de área da planta industrial, o próprio Gerente de Área de Calcinação, que, na ocasião do caso dos cliques, encaminhou o *e-mail* do fornecedor aos supervisores e operadores exigindo uma justificativa, reconheceu que antes acreditava que a padronização era a solução para a redução da variabilidade operacional. Ele apontou a relevância dessas análises para compreender que sua posição estava equivocada naquela ocasião e que a quantidade de cliques não serve como indicador pertinente para avaliar a competência e o desempenho dos operadores. Mais do que isso, considerou impossível fazer esse julgamento sem estar “na cadeira do operador”. No *workshop*, o Gerente de Área de Calcinação manifestou:

Esse caso [dos cliques] foi uma grande lição. Penso que esse trabalho [das análises dos casos] trouxe a reflexão. [...]. Recebi o e-mail e acreditei que poderia fazer o julgamento. Eu fiz um julgamento sem estar na situação [...] eu não assentei na cadeira do operador, não sabia o que [o operador] estava vivendo. [...]. Pensávamos que eles [os operadores] criavam variabilidade, mas, na verdade, eles estavam sendo heróis. (Gerente de Área de Calcinação)

Ao ter contato com as análises de situações específicas, o Gerente de Área de Calcinação considerou os operadores heróis, pois foram mostradas, tanto quanto possível, as diferenças e sutilezas da experiência que o operador adquiriu na área da calcinação da presente planta industrial. Ao realizar o processo de reconstituição das situações vividas pelos operadores, podem ser estabelecidos quais dados são mais relevantes e, assim, auxiliar a configuração do sistema de informação da área. Além disso, a partir do momento em que o operador identificar situações críticas, ou seja, importantes do ponto de vista da atividade, ele poderá registrá-las com a finalidade de alimentar discussões mais próximas daquelas que vive na prática e não apenas das próximas a uma ação ideal, baseada tão somente nos conceitos teóricos sobre o processo.

O tempo da operação é diferente do tempo metalúrgico. O que comprova o efeito real da ação do operador estará na qualidade do calcinado após as três horas (tempo de

residência) de processo, mas existem parâmetros que fornecem indicadores e respostas mais imediatas para ele: durante o processo, o operador tem de lidar com variações de temperatura, por exemplo, que podem desarmar o queimador instantaneamente. Os intertravamentos relacionados à perda da chama são evitados a cada tomada de decisão. A partir de uma análise sistemática das situações em que os desarmes acontecem, esses bloqueios de segurança poderiam ser relativizados, separando situações em que ele pode ser relaxado, deixado a critério do operador ou automático.

Discussões sobre essas situações devidamente apoiadas em dados que permitam reconstituir o contexto das ações cumprem o papel de desenvolvimento de competências e possibilitam o entendimento das melhores práticas. Dessa forma, a experiência dos operadores pode ser aproveitada não só na construção de parâmetros de operação (malha de controle, intertravamentos e *ranges*), mas também na compreensão dos limites desses padrões em certas situações, ajudando na formação dos novatos, ao chamar atenção para detalhes não previstos nas regras formalizadas.

Delimitam-se, portanto, momentos em que o operador deve ter autonomia e momentos em que ele poderá se beneficiar com o uso de regras lógicas implementadas no controle automático. Sem essa ponderação, a malha de controle atua como “engessamento”, como limitação à atividade inteligente dos operadores. Mesmo que procedimentos formais e regras lógicas funcionem sob determinadas circunstâncias, cabe aos operadores, em última instância, escolher se operam em automático ou em manual.

A combinação de um recurso quantitativo, como o quadro proposto, e de um recurso qualitativo, como a análise da atividade, pode beneficiar até mesmo a elaboração ou revisão de procedimentos operacionais. É a prática que orienta o uso do procedimento e não o contrário.

REFERÊNCIAS

CLOT, Y. **Trabalho e poder de agir**. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010. (Trabalho e Sociedade).

COLLINS, H. M.; KUSCH, Martin. **The shape of actions**: what humans and machines can do. Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

COLLINS, H. M.; PINCH, T. **O Golem à solta**: o que você deveria saber sobre tecnologia. Tradução Giacomo Patrocínio Figueredo. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2010. (Ciência, Tecnologia e Sociedade).

DREYFUS, H. L.; DREYFUS, S. E. Sistemas especialistas versus expertise intuitiva. In: DREYFUS, H. L.; DREYFUS, S. E. **Expertise Intuitiva**: para além do pensamento analítico. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2012. p.105-130. (Ciência e Tecnologia).

FALZON, P. Natureza, objetivos e conhecimentos da ergonomia: elementos de uma análise cognitiva da prática. In: FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Blucher, 2007. p. 3-19.

FERREIRA, R. B. **Competência prática, cognição e matemática na atividade de trabalhadores pouco escolarizados da construção civil**. 2014. 179 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2014.

FERREIRA, R. B. **Diálogo de surdos**: a difícil explicitação do saber entre programadores de software e operadores de fábrica. 2004. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2004.

FLEURY, A. C. Organização do trabalho na indústria: recolocando a questão nos anos 80. In: FLEURY, M. T. L.; FISCHER, R. M. Processo e relações de trabalho no Brasil. São Paulo: Atlas, 1987. p. 51- 66.

FLEURY, A. C.; VARGAS, N. (Org.). **Organização do trabalho**. São Paulo: Atlas, 1987.

FOLCHER, V.; RABARDEL, P. Homens, artefatos, atividades: perspectiva instrumental. In: FALZON, P. **Ergonomia**. São Paulo: Blucher, 2007. p. 207-222.

GUÉRIN, F. et. al. **Compreender o trabalho para transformá-lo**. São Paulo: Blucher, 2001.

KUHN, T. **The structure of scientific revolutions**. Chicago: University of Chicago Press, 1996.

LIMA, F. P. A. A formação em ergonomia: reflexões sobre algumas experiências de ensino da metodologia da análise ergonômica do trabalho. In: KIEFER, C. et al.

Trabalho - educação - saúde: um mosaico em múltiplos tons. Brasília: Fundacentro, 2001.

LIMA, F. P. A. Conflitos sócio-cognitivos e ética no trabalho. In: LIMA, F. P. A.; NORMAND, J. (Orgs.). **Qualidade da produção, produção dos homens**. Belo Horizonte: DEP, 1996. p. 154-183.

LIMA, F. P. A. Ética e trabalho. In: GOULART, Í (Org.). **Psicologia organizacional e do trabalho:** teoria, pesquisa e temas correlatos. Belo Horizonte: Casa do Psicólogo, 2002. p. 69-120.

LIMA, F. P. A. Norma e atividade humana: modelos dinâmicos da prescrição e historicidade das situações de trabalho. In: JEAN, R. (Org.). **Trabalho e abordagem pluridisciplinar:** estudos Brasil, França e Argentina. São Paulo: DIEESE, 2005. p. 51-68.

LIMA, F. P. A. Patologias das novas tecnologias. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 18., 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: UFF/ABEPRO, 21 a 25 de setembro de 1998. p. 1-8. CDROM.

LIMA, F. P. A.; DINIZ, C. A. A objetivação do saber prático na concepção de sistemas especialistas: das regras formais às situações de ação. In: DUARTE, F. (Org.) **Ergonomia e projeto na indústria de processos contínuos**. Rio de Janeiro: Lucerna, 2000. p. 84-121.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **The knowledge-creating company**. Oxford: Oxford University Press, 1995.

ORR, J. E. Images of Work. **Science Technology & Human Values**, v. 23, n. 4, p. 439-455, 1998.

PECOTCHE, Carlos Bernardo González. **Coletânea da Revista Logosofia**. São Paulo: Logosófica, 2005. t. II.

PERROW, C. **Normal accidents**. New York: Basic Books, 1984.

RIBEIRO, R.; COLLINS, H. M. The bread-making machine: tacit knowledge and two types of action. **Organization Studies**, v. 28, n. 9, p. 1417-1433, Sept. 2007.

SALERNO, M. S. Análise ergonômica do trabalho e projeto organizacional: uma discussão comparada. **Produção**, Rio de Janeiro, ABREPO, número especial, p. 45-60, 2000.

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES: SI. 1. ed. bras. da 8. ed. BIPM. Rio de Janeiro: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2015.

SUCHMAN, L. A. **Plans and situated actions:** the problem of human-machine communication. New York: Cambridge University Press, 1987.

TAROZZI, M. **O que é a grounded theory?** Metodologia de pesquisa e de teoria fundamentada nos dados. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

THEUREAU, J. **O curso da ação método elementar:** ensaio de Antropologia enativa e concepção ergonômica. Tradução Marlene Machado Zica Vianna. Belo Horizonte: Fabrefactum, 2014. (Trabalho e Sociedade).

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** 14. ed., aum. São Paulo: Cortez, 2005.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem.** Tradução Paulo Bezerra. 3. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010. (Textos de Psicologia).