

AMANDA AMANTES NEIVA RIBEIRO

**CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO
DE FÍSICA: EFEITOS SOBRE A
EVOLUÇÃO DO ENTENDIMENTO
DOS ESTUDANTES**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
BELO HORIZONTE
2009**

AMANDA AMANTES NEIVA RIBEIRO

**CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE
FÍSICA: EFEITOS SOBRE A
EVOLUÇÃO DO ENTENDIMENTO DOS
ESTUDANTES**

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

Linha de Pesquisa: espaços educativos, produção e apropriação de conhecimentos.

Orientador: Prof. Dr. Oto Borges

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
BELO HORIZONTE
2009**

Dedicatória

*Ao meu marido, Alessandro e
à minha mãe, Marlinda. Meus
pilares.*

Agradecimentos

Ao meu orientador, Oto, a quem devo minha formação como pesquisadora. Pela paciência, dedicação, exigência e comprometimento com o trabalho.

Aos colegas do grupo de pesquisa: Geide, Morgana, Elizabeth, Inês, Marciana, Maria Tereza, Terezinha, Dilvânia e Rafael. As discussões, críticas e receitas fizeram parte da história dessa pesquisa.

Aos colegas do Coltec: Tarciso, Arnaldo, Sérgio, Alexandre, Valmária. Pelas contribuições e disponibilidade.

Às amigas Marina, Jozimeire e Jordelina, pelas trocas de experiência, conversas informais e ajuda nos momentos cruciais da pesquisa.

Aos amigos Kilder, Délio, Felipe e Rozimeire, pelo auxílio com recursos de informática.

Às amigas Elrismar e Vanuza, pela grande presteza, dedicação e disposição em ajudar a aprimorar o trabalho.

Aos familiares Ana Rita, Armando, José Maurício, Maria Elízia. Pelo constante apoio e suporte afetivo.

À minha mãe, Marlinda, por estar a meu lado em todos os momentos e me ajudar de maneira incondicional.

Ao meu marido, Alessandro, pela sua dedicação a esse trabalho e por saber lidar de forma tão amorosa com todas as minhas dificuldades.

Enfim, a todos os amigos, colegas e mestres que estiveram presentes nesse percurso.

SUMÁRIO

LISTA DE GRÁFICOS	8
LISTA DE TABELAS	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE QUADROS	12
RESUMO	13
1- INTRODUÇÃO	14
2- PESQUISA	19
QUESTÕES E OBJETIVOS	19
CONTEXTO	22
SUJEITOS.....	24
SITUAÇÃO DE ENSINO	25
ETAPAS DA PESQUISA	27
3- REFERENCIAL TEÓRICO	33
CONHECIMENTO CIENTÍFICO-ESCOLAR E CONHECIMENTO TECNOLÓGICO	33
ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA	34
CONHECIMENTO TECNOLÓGICO	38
CONHECIMENTO ESCOLAR	42
ZONA DE HIBRIDAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	44
A CONSTRUÇÃO DO ENTENDIMENTO	48
O PAPEL DA ABSTRAÇÃO	49
A EVOLUÇÃO DO ENTENDIMENTO	51
AVALIAÇÃO DO ENTENDIMENTO.....	57
MODELOS RASCH	60
4- INSTRUMENTOS DE PESQUISA	71
UNIDADE TEMÁTICA	71
CONTEÚDO	72
RECURSOS	74
VALIDAÇÃO	78
INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO	80
ATIVIDADES ESCRITAS	80
TESTES DE CONHECIMENTO	82
5- COLETA DE DADOS	85
ESTUDO DA UNIDADE	85
GRAVAÇÃO DOS GRUPOS DE ATIVIDADES	89
PRÉ TESTE E PÓS TESTE	91
6- MÉTODOS DE ANÁLISE	93
GRAVAÇÕES EM ÁUDIO E CADERNO DE BORDO	93

TESTES DE CONHECIMENTO	97
ESTRUTURAÇÃO DOS ITENS	99
DOMÍNIOS DE CONHECIMENTO	100
CATEGORIZAÇÃO DAS RESPOSTAS	102
MATRIZ DE DADOS - TRANSFORMAÇÃO EM ESCALA DICOTÔMICA.....	110
7- ANÁLISE I- EXPLORATÓRIA E DO CONTEXTO	114
ANÁLISE EXPLORATÓRIA INICIAL- DECISÕES METODOLÓGICAS	114
ANÁLISE DOS EPISÓDIOS DE ENSINO	116
CONTEXTO DE ESTUDO	116
CONTEÚDO ESTUDADO	120
UNIDADE DE ENSINO	124
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	128
8- ANÁLISE II- MODELAMENTO DOS DADOS	132
MODELAMENTO	132
MODELOS	135
TESTES DA ADEQUAÇÃO DOS MODELOS	140
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	147
9- ANÁLISE III- PROGRESSO NO ENTENDIMENTO	148
PROGRESSO SEGUNDO OS ITENS	148
ÍNDICES DE DIFICULDADE	149
CARACTERIZAÇÃO DOS ITENS	153
FATORES QUE INFLUENCIAM NO PROGRESSO	159
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	165
PROGRESSO SEGUNDO A PERFORMANCE DOS SUJEITOS.....	167
SCORE BRUTO X PROFICIÊNCIA	168
GRUPOS DE PROGRESSO	172
MUDANÇA DE PERFIL DE ENTENDIMENTO	182
FATORES QUE INFLUENCIAM NO PROGRESSO	188
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	203
10- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	208
RESULTADOS GERAIS	208
IMPLICAÇÕES DA PESQUISA.....	211
LIMITAÇÕES	215
PESQUISA FUTURA.....	217
11- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	220
12- ANEXOS.....	240
ANEXO 01	240
ANEXO 02	245
ANEXO 03	249
ANEXO 04	253

ANEXO 05	255
ANEXO 06	259
ANEXO 07	267
ANEXO 08	270
ANEXO 09	271
ANEXO 10	273
ANEXO 11	274

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Modelo 5.....	141
Gráfico 02 - Modelo 8.....	141
Gráfico 03 - Modelo 9.....	142
Gráfico 04 - Modelo 10.....	142
Gráfico 05 - Modelo 12.....	143
Gráfico 06 - Modelo 11.....	143
Gráfico 07 - Modelo 13.....	144
Gráfico 08 - Modelo 14.....	144
Gráfico 09 - Pós Teste em função do Pré Teste.....	150
Gráfico 10 - Grupos de Frequência de Estudo por Domínio.....	156
Gráfico 11 - P-P Plot of Regression Standardized Residual e Scatterplot para o Ganho nos Itens.....	163
Gráfico 12 - Relação entre Escore Bruto e Medida de Proficiência para a Dimensão Tecnológica.....	171
Gráfico 13 - Relação entre Escore Bruto e Medida de Proficiência para a Dimensão Híbrida.....	171
Gráfico 14 - Relação entre Escore Bruto e Medida de Proficiência para a Dimensão Escolar.....	171
Gráfico 15 - Grupos de Ganho para todos os sujeitos da amostra.....	172
Gráfico 16 - Perfil dos Grupos de Progresso.....	175
Gráfico 17 - Médias dos Grupos de Progresso do Primeiro e Terceiro anos no domínio Tecnológico	180
Gráfico 18 - Médias dos Grupos de Progresso do Primeiro e Terceiro anos no domínio Híbrido.....	181
Gráfico 19 - Médias dos Grupos de Progresso do Primeiro e Terceiro anos no domínio Escolar.....	181
Gráfico 20 - Mudança nos perfis de entendimento.....	187

Gráfico 21 - P-P Plot of Regression Standardized Residual e Scatterplot para o domínio Tecnológico.....	194
Gráfico 22 - P-P Plot of Regression Standardized Residual e Scatterplot para o domínio Híbrido.....	194
Gráfico 23 - P-P Plot of Regression Standardized Residual e Scatterplot para o domínio Escolar.....	194

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos itens de acordo com cada modelo multidimensional- parte 1..	138
Tabela 1: Classificação dos itens de acordo com cada modelo multidimensional- parte 2.....	139
Tabela 02: Covariância e correlação entre os três domínios de conhecimento.....	146
Tabela 03: Grupos de Frequência de Estudo por Domínio.....	156
Tabela 04: Descrição dos itens de acordo com o conteúdo.....	157
Tabela 05: Grupos de Conteúdo por domínio.....	157
Tabela 06: Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis da análise de regressão múltipla para o ganho dos índices de dificuldade dos itens.....	162
Tabela 07: Modelos das Regressões Múltiplas para os Ganhos nos Itens.....	164
Tabela 08: Média e Desvio Padrão dos Grupos de Proficiência e de Ganho.....	176
Tabela 09: Mudança nos perfis de entendimento.....	185
Tabela 10: Perfis de progresso em função dos perfis iniciais de entendimento.....	190
Tabela 11: Modelos explicativos de progresso para o ganho no domínio Tecnológico.....	196
Tabela 12: Modelos explicativos de progresso para o ganho no domínio Híbrido.....	198
Tabela 13: Modelos explicativos de progresso para o ganho no domínio Escolar.....	200
Tabela 14: Correlações parciais entre os Ganhos nos Domínios.....	202

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Esquema da primeira etapa da pesquisa.....	29
Figura 02 - Esquema da segunda etapa da pesquisa.....	32
Figura 03 - Exemplo de construção do entendimento científico a partir da relação com o entendimento tecnológico.....	46
Figura 04 - Esquema geral do desenvolvimento em relação aos níveis em meio às camadas.....	55
Figura 05 - Slide com explicações sobre como um sinal é transportado.....	75
Figura 06 – Montagem dos slides.....	76
Figura 07 – Alteração de cores primárias.....	76
Figura 08 - Intensidade dos pontos para formação da imagem	76
Figura 09 - Applet interativo sobre a transmissão e recepção de sinais por ondas eletromagnéticas.....	77
Figura 10 - Obtenção dos itens para Análise.....	99
Figura 11 - Representação do sistema de Categorias de Conteúdos.....	106
Figura 12 - Redução da amostra de sujeitos e itens analisados.....	115
Figura 13 - Fluxograma dos modelos testados para análise dos dados.....	145

LISTA DE QUADROS

Quadro 01- Grupos Gravados e Não Gravados em cada turma pesquisada.....	89
Quadro 02 - Exemplo de mapa de episódio.....	96
Quadro 03 - Categorias de Conteúdo da Primeira questão dos Testes de Conhecimento.....	108
Quadro 04 - Exemplo de categorização de uma questão segundo níveis de complexidade dos temas identificados.....	111
Quadro 05 - Transformação das Categorias de Conteúdo em dado dicotômico.....	113
Quadro 06 - Seqüências de observações de aulas.....	118
Quadro 07 - Seqüência de episódios de diferentes turmas do primeiro ano para uma mesma aula.....	121
Quadro 08 - Seqüências de discussões de grupos de atividades do terceiro ano.....	123
Quadro 09 - Expressões de vários grupos do primeiro ano em diferentes aulas.....	125
Quadro 10 - Expressões que correspondem à abordagem dos conteúdos da Unidade – turmas do terceiro ano.....	127
Quadro 11 - Exemplo de caracterização dos itens.....	155
Quadro 12 - Variáveis testadas na Análise de Regressão Múltipla.....	193

RESUMO

A presente pesquisa tem como foco a evolução do entendimento de estudantes do primeiro e terceiro anos do Ensino Médio sobre conteúdos de natureza científico-escolar e tecnológica. O objetivo foi identificar se houve progresso de entendimento quando feita uma intervenção educacional a partir do estudo de uma Unidade Temática sobre o funcionamento da televisão.

Procuramos verificar os fatores que influenciaram na aprendizagem, tais como a maturidade, familiaridade com o tema e foco de estudo. Interpretamos o progresso em termos da exposição do entendimento nas tarefas realizadas durante a aplicação do material. Utilizamos métodos qualitativos e quantitativos para análise dos nossos dados, que consistiram em gravações de áudio, anotações de caderno de bordo e relatos escritos.

Verificamos que houve aprendizagem em relação aos conteúdos abordados. Os alunos que participaram da pesquisa apresentaram padrões diferenciados de aprendizagem. Verificamos ainda que o tipo de abordagem favoreceu mais o aumento do entendimento de conteúdos tecnológicos do que escolares, e a influência da hibridização foi maior também para os conceitos tecnológicos, se apresentando mais restrita para os conceitos escolares.

1- INTRODUÇÃO

A pesquisa conduzida se deteve na questão da aprendizagem de conteúdos científicos, tecnológicos e conteúdos da área de interseção entre esses domínios. Procuramos identificar fatores que indicassem o progresso no entendimento de alunos do Ensino Médio ao estudarem um material cuja abordagem de ensino foi diferenciada da que usualmente é feita.

A aprendizagem é tema subjacente a muitas pesquisas na área de educação e está relacionada diretamente à prática docente, pois se dirige à questão da melhoria do Ensino. Nas Ciências em especial, muitas investigações são conduzidas no sentido de esclarecer como é a aprendizagem de conceitos e conteúdos que apresentam dificuldade para serem aprendidos pelos estudantes.

O foco da nossa investigação foi a identificação dos aspectos do ensino e da aprendizagem que afetam, de forma positiva ou negativa, a evolução do entendimento. Em nossa concepção, os campos da Ciência Escolar (Biologia, Química e Física) lidam com conteúdos de natureza específica, e que exigem características próprias das Ciências (como a linguagem específica de cada área, por exemplo) para serem compreendidos de acordo com a definição acadêmica. Da mesma forma, o domínio de conhecimento Tecnológico possui especificidades próprias, e a integração das duas áreas acaba por se constituir em um novo domínio, cujas características são diferenciadas em relação aos domínios de origem.

Como indicativo de entendimento, consideramos a habilidade para lidar com diversas situações. Essa habilidade cresce de acordo com influências de

fatores externos e fatores internos do sujeito. O estado emocional, as relações sociais, a familiaridade com o tema e a linguagem são apenas alguns desses fatores; eles variam com o tempo e ampliam, conseqüentemente, os possíveis caminhos através dos quais um determinado entendimento pode progredir (FISCHER, 1980).

Reconhecemos que existem muitas dificuldades em se delimitar e mensurar o entendimento, mas apesar disso acreditamos ser possível investigar seu progresso. Temos a hipótese de que, quando definimos um conceito de forma clara e inteligível, ao mesmo tempo em que manifestamos uma alta habilidade em conferir significado a esse conceito em diferentes situações para resolução de problemas, demonstramos um entendimento mais articulado sobre esse conceito. Ou seja, a performance em situações específicas conjugada com a capacidade de explicitar claramente o conceito são indicadores de um entendimento mais apurado (BORGES e AMANTES, 2003).

A pesquisa relatada tem sua origem na investigação sobre o entendimento dos estudantes do Ensino Médio em relação aos conceitos de Referencial Inercial e Movimento Relativo (AMANTES, 2005). Os resultados dessa investigação apontaram para o fato de que a aprendizagem de um conceito se realiza em várias etapas e o entendimento desse conceito se estrutura na medida em que ele é retomado em várias situações e com abordagens distintas. Verificamos também que o nível de entendimento pode ser identificado pela capacidade em lidar com um determinado conteúdo, tanto em termos procedimentais como verbais (AMANTES e BORGES, 2004).

A perspectiva adotada para essa investigação preserva a concepção da existência de níveis de entendimento, determinantes para caracterizar sua forma e estrutura.

Com o objetivo de investigar como progride o entendimento, analisamos o desempenho que estudantes do Ensino Médio apresentaram ao responderem um teste de conhecimento e ao discutirem questões relativas a conteúdos do domínio das ciências e tecnologia. Nossos pressupostos teóricos para interpretação dos resultados se basearam na concepção de que o entendimento é construído a partir de habilidades que se compõem, se reconstróem e se diferenciam, formando um caminho de desenvolvimento. Essa é a perspectiva da Teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980), baseada em princípios piagetianos na concepção de desenvolvimento cognitivo, mas que, diferentemente desta, reconhece o meio como importante fator no processo.

Os conteúdos e conceitos cujo entendimento foi investigado foram abordados em uma Unidade Temática que serviu como material de ensino e como instrumento de pesquisa. Ela foi estudada por alunos do primeiro e terceiro anos do Ensino Médio. De uma forma geral abarcou atividades de lápis e papel, de computador e outras tarefas como jogos e discussões. O caráter de abordagem foi contextual e interdisciplinar, dentro da perspectiva dos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCNs (BRASIL, 1999). O tema foi o funcionamento da Televisão e seu conteúdo contemplou os processos presentes desde a captura da imagem e do som, passando pela sua transformação em sinal elétrico e codificação até sua recepção e reprodução pelo equipamento. Dessa forma, o material abrangeu conteúdos de diferentes

áreas de conhecimento, o que nos permitiu fazer uma análise levando em consideração o progresso nos distintos domínios.

Ressaltamos que o foco de elaboração dos testes, textos e das atividades foi essencialmente no Ensino. A Unidade Temática, antes de se constituir em instrumento de Pesquisa, teve o compromisso de atender à posição de material didático, na perspectiva de favorecer a aprendizagem dos conteúdos abordados.

A investigação foi realizada a partir de uma intervenção educacional, sendo a Unidade Temática o principal material de estudo. Os dados coletados se constituíram em testes de conhecimento, atividades escritas, gravações de grupos de atividades e caderno de bordo da pesquisadora. Utilizamos métodos mistos para análise (qualitativos e quantitativos).

Esse trabalho se inicia com a apresentação da pesquisa, em que descrevemos a investigação de uma forma geral, explicitando nossas questões, objetivos e desenho. Depois expomos nosso referencial teórico, relacionado à perspectiva adotada para interpretarmos a evolução do entendimento. Também no Referencial Teórico fazemos uma breve exposição da teoria que estabelece Modelos da família *Rasch* de análise, ferramenta utilizada no modelamento dos dados. Apesar de concentrarmos nossos referenciais nesse capítulo, ao longo do relato fazemos referências à teoria de alguns autores para fundamentar os argumentos, interpretações ou utilização de métodos de análise.

Na seqüência, descrevemos os instrumentos utilizados na pesquisa, tanto para a intervenção (Unidade Temática) como para a coleta de dados (Atividades escritas e Testes de conhecimento). Depois relatamos como

ocorreu o estudo do material e a natureza dos dados coletados. Apresentamos os métodos que utilizamos para fazer a análise de cada tipo de dado; nessa parte, explicitamos o sistema de categorização das respostas e dos itens segundo os domínios de conhecimento. A análise, interpretação e discussão dos resultados são feitas em seguida. Os capítulos de análise compreendem uma análise exploratória, o modelamento dos dados, a análise do contexto, feita a partir dos mapas de episódio construídos para gravações de áudio, e a análise do progresso, realizada com os dados dos testes de conhecimento. Finalizamos com as considerações finais, levantando os principais pontos da investigação, as implicações, limitações e perspectivas para pesquisa futura.

2- PESQUISA

O objeto de estudo da nossa pesquisa foi o entendimento de estudantes do Ensino Médio sobre conteúdos de natureza científico-escolar, tecnológica e híbrida, tendo como parâmetro o estudo de uma Unidade Temática. Nesse capítulo, descrevemos de forma detalhada as questões e objetivos da investigação, bem como o contexto de ensino no qual ela foi conduzida. Encerramos com uma perspectiva geral das etapas da pesquisa, expondo o desenho elaborado e utilizado para realizá-la.

QUESTÕES E OBJETIVOS

Em geral, os alunos não vêem as teorias científicas como capazes de gerar explicações engenhosas sobre situações conhecidas. A cor do céu, a eletricidade atmosférica, os diferentes tipos de materiais presentes no cotidiano não são temas tratados na escola e acabam recebendo explicações personalizadas, influenciadas por crenças, mitos, e todo tipo de informação não-científica. O conhecimento científico aprendido pelos estudantes parece incapaz de operar sobre estas situações e em muitos casos leva-os a conclusões contrárias aquelas encontradas no dia-a-dia (PIETROCOLA, 1999).

A inadequação das abordagens acadêmicas para promover o entendimento científico de fenômenos naturais é uma questão que esteve presente em diversas pesquisas na área de Ensino de Ciências nas últimas décadas e ainda hoje faz parte de muitos questionamentos e estudos da área.

A tendência em se aproximar o ensino dos conteúdos científicos à realidade sociocultural dos indivíduos foi incorporada em diversas propostas de inovação curricular e de métodos de ensino. Essa renovação do ensino de ciências é proveniente da visão da Ciência como produto do contexto

econômico, político e social, como coloca KRASILCHIK (1987) em sua discussão sobre a evolução da inovação educacional dos currículos de ciências no Brasil no período de 1950 a 1985. Nesse contexto, abordagens interdisciplinares e contextualizadas passaram a ocupar um papel de destaque na concepção do ensino de Física, Biologia e Química.

Dentre essas abordagens, as propostas de CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) têm se destacado. A alfabetização tecnológica (*Technological Literacy*, REIS, 1995, BYBEE, 1985, ROPOHL, 1997, De VRIES, 2005) tem sido tema constantemente presente em discussões acerca dos novos rumos para o Ensino de Ciências.

O desafio da nova tendência é o de propor abordagens educacionais que realmente contemplem o objetivo de relacionar os conteúdos formais das Ciências a conteúdos que subtendem uma lógica de entendimento distinta, como é o caso da área de tecnologia ou do conhecimento cotidiano. Mortimer e Santos (2002) reconhecem que *“em geral, a tecnologia é reduzida apenas a seu aspecto técnico”* nas abordagens CTS; Oliveira e Vianna (2006) apontam que é *“necessário buscar propostas que fujam da mera informalidade do assunto (Física Moderna), a fim de que não sejam inseridos como pontos isolados em um currículo que já é bastante extenso”*.

Tendo em vista a discussão sobre a dificuldade em se promover o ensino dos conteúdos científicos em meio ao contexto da educação geral e da alfabetização tecnológica, nos detivemos na definição da natureza e das relações dessas diferentes áreas de conhecimento. Nossa primeira questão é entender em que medida o conhecimento tecnológico se relaciona ao conhecimento científico. A partir disso, a questão se concentra em estabelecer

os limites de cada domínio de conhecimento e as áreas de interseção. Se esses dois tipos de conhecimento realmente se referem a domínios distintos, como o entendimento dos conceitos de um afetam ou promovem o entendimento dos conceitos do outro? A interseção de ambos pode ser interpretada como um domínio de conhecimento à parte, distinto das duas áreas?

Essas questões foram essenciais para que pudéssemos conduzir uma investigação cujo principal objetivo foi o de identificar a evolução do entendimento de conteúdos de natureza tecnológica e científica escolar, na perspectiva da abordagem contextual e interdisciplinar.

A intenção foi investigar estudantes que estavam em duas fases distintas da vida escolar, verificando inicialmente se houve aprendizagem com o estudo do material de ensino desenvolvido. A partir desse indicativo de progresso, procuramos traçar possíveis fatores de influência na aprendizagem que pudessem ser identificados no contexto da pesquisa.

Um dos possíveis fatores investigados foi a maturidade¹ dos estudantes. Como participaram da pesquisa alunos do primeiro e terceiro anos do Ensino Médio, verificamos se houve diferença na aprendizagem entre eles, considerando a série como um fator explicativo de progresso. Outra característica avaliada foi o gênero: meninos e meninas apresentam diferença em relação ao progresso no entendimento de conteúdos dos diferentes domínios?

¹ Maturidade, no sentido adotado para esse trabalho, não se refere diretamente à idade dos estudantes e sim à familiaridade que eles possuem com a disciplina de Física e com os conteúdos abordados no material elaborado. Tendo essa disciplina um caráter recursivo na escola investigada, os alunos do terceiro ano tinham mais familiaridade tanto com os conceitos estudados como também com a própria disciplina.

A influência do entendimento prévio sobre a aprendizagem também foi investigada, assim como a frequência de estudo de temas específicos. Verificamos ainda se a aprendizagem em um domínio influencia na aprendizagem do outro e em que medida essa influência é significativa do ponto de vista educacional.

Conduzimos nossa análise de duas formas distintas: uma delas teve o foco no ensino. A análise se deteve nas características dos itens utilizados para a avaliação do entendimento. A outra forma se concentrou na aprendizagem², sendo a atenção voltada para os parâmetros dos sujeitos participantes da pesquisa.

Acreditamos que os resultados dessa pesquisa possam contribuir para a discussão acerca da integração de conhecimentos de diferentes domínios, apontando outras questões, hipóteses e possibilidades para a efetiva melhoria do Ensino de Ciências.

A seguir, descrevemos o contexto da pesquisa, explicitando as características dos sujeitos e da situação de ensino.

CONTEXTO

Nossa investigação foi conduzida em uma escola pública de Ensino Médio que oferece, além do currículo regular, o ensino técnico profissionalizante em patologia clínica, eletrônica, química e instrumentação.

² As duas formas de análise subtendem características que se fundamentam na questão da aprendizagem. Os termos “ensino” e “aprendizagem” utilizados para distinguir as duas análises realizadas têm um caráter de diferenciação em relação ao foco: na primeira nos detivemos nos itens, enquanto na segunda a intenção foi em focalizar nos aspectos populacionais.

Na escola há concurso público para o curso médio concomitante com curso técnico para entrada de discentes. Há uma diferenciação devido a um sistema de cotas socioeconômicas adotado desde 1972, garantindo a diversidade cultural e social dos estudantes. Além do processo seletivo, o ingresso ocorre também por mera progressão do ensino fundamental para o ensino médio, a partir de uma escola de ensino fundamental pertencente a mesma IFES.

A instituição possui setores acadêmicos para cada área, o que favorece o convívio mais próximo dos professores de disciplinas específicas. Eles possuem gabinetes no espaço físico da escola, onde desenvolvem outras atividades além das relacionadas à prática docente, permanecendo no trabalho por período integral. De uma maneira geral, o corpo docente da instituição é comprometido com pesquisas na área de educação, e o ambiente da escola serve para muitas pesquisas da área. A escola é diferenciada em relação ao corpo docente e discente, e ainda compreende um período integral de estudo.

As aulas ocorrem no período diurno, de manhã e à tarde. Os alunos têm aulas teóricas e práticas de disciplinas típicas do Ensino Médio, além de disciplinas que visam desenvolver outras habilidades, relativas à fabricação de peças em madeira, metal, vidro e relativas à formação de cada área. O ano é dividido em três trimestres, e não em bimestres. Há avaliação formal, com provas escritas e trabalhos.

O currículo para a disciplina de Física tem caráter recursivo. Isso significa que os alunos estudam os conteúdos da disciplina em vários momentos no decorrer do Ensino Médio, com diferentes níveis de profundidade

e com diferentes abordagens. Os estudantes têm, em média, 4 aulas de Física por semana, sendo 1 de laboratório.

O acesso às dependências da escola é livre para os estudantes. Eles mudam de sala para terem aulas das diferentes disciplinas, o que lhes proporciona certa autonomia e confere à escola uma característica semelhante ao ambiente universitário.

A escolha da instituição foi feita em virtude da adequação da proposta da disciplina de Física ao nosso objetivo de verificar a influência da maturidade na aprendizagem (identificada pela familiaridade dos estudantes do terceiro ano com os conteúdos da Unidade). A aplicação do material no primeiro e terceiro anos ocorreu pela disponibilidade oferecida pelos professores e coordenadores de área.

SUJEITOS

A pesquisa contou com a participação de seis turmas do primeiro ano do Ensino Médio (cento e quarenta e sete alunos) e cinco turmas do terceiro (cento e treze alunos), totalizando duzentos e sessenta participantes. Na instituição não há separação por sexo; portanto, lidamos tanto com moças como com rapazes com idades variando entre 15 e 18 anos.

Os estudantes do primeiro ano ainda não são separados por áreas. Eles fazem a opção pelo ensino técnico a partir do segundo ano. As turmas do terceiro ano, por outro lado, foram distintas em relação ao foco de formação: havia estudantes de eletrônica, patologia clínica, química, instrumentação e estudantes que optaram pelo Ensino Médio regular.

Todos os estudantes do primeiro e terceiro anos da escola foram submetidos à mesma intervenção educacional. Eles, e no caso de menores os seus pais, foram consultados sobre a possibilidade de utilizarmos os dados gerados na sala de aula para os propósitos da pesquisa. Os que concordaram assinaram o TCLE (Termo de Consentimento Livre Esclarecido). Os demais foram desconsiderados dos registros e seus dados não foram utilizados.

Apesar de todos os estudantes das turmas onde a Unidade de ensino foi aplicada terem feito as atividades e tarefas solicitadas, os que não concordaram em participar da coleta não tiveram seus registros analisados. Essas atividades foram utilizadas por alguns professores para avaliação da aprendizagem. Nesse caso, os registros passaram primeiramente pelo professor e depois foram recolhidos para o banco de dados da pesquisa.

SITUAÇÃO DE ENSINO

As aulas da disciplina de Física são realizadas em sala convencional e laboratório, com duração de 50 minutos cada. No primeiro ano, os alunos têm 3 aulas teóricas toda semana, sendo duas delas geminadas. Esses estudantes têm 2 aulas de laboratório geminadas a cada 15 dias. Para o terceiro ano, há 4 aulas por semana, agrupadas em duas por dia, geminadas. Nessas aulas são feitas atividades relativas à teoria e prática, de acordo com o planejamento semanal dos professores.

Nas aulas de Física a abordagem do ensino tem o foco no aluno. O ensino prima por tarefas e atividades em que o aluno se desenvolve a partir do seu próprio engajamento.

O currículo em espiral é adotado na disciplina de Física. Isso significa que os estudantes estudam os mesmos temas, mas não exatamente o mesmo conteúdo dessa disciplina no decorrer das três séries, porém com diferentes níveis de profundidade. Nessa estrutura curricular recursiva os estudantes não aprendem, necessariamente, determinado tópico em seu primeiro contato, pois haverá oportunidade de rever esse conteúdo nas outras séries, aumentando as chances de uma aprendizagem profunda. No projeto de reformulação curricular realizado na instituição, Vaz e Borges (2007) apontam vantagens dessa estrutura, como a possibilidade do aluno ter uma visão geral de toda Física logo no primeiro ano e o possível aumento do interesse e a motivação dos alunos, já que vários assuntos são trabalhados.

Os materiais didáticos utilizados na disciplina são de diferentes naturezas, dependendo do enfoque da série. Geralmente os alunos da primeira e da segunda séries fazem uso de livros didáticos, volume único. Mas a seqüência de conteúdos é determinada de tal forma que diferentes conteúdos relativos à mecânica, termodinâmica, óptica e eletromagnetismo (ou outros eventuais) são vistos em um único ano. As atividades são elaboradas pelos coordenadores de área em conjunto com os professores. O material didático dos alunos do terceiro ano geralmente são textos e atividades elaborados pelo coordenador da área, mas não a Unidade Temática utilizada nesta investigação, elaborada pela pesquisadora.

A profundidade da abordagem é feita em virtude da série, e o currículo é flexível em relação aos temas ensinados, especificado pelo conjunto de professores do departamento. A estrutura curricular do ano corrente da pesquisa está explicitada no Anexo 01.

Os alunos que participaram da pesquisa estudaram uma Unidade Temática sobre o funcionamento da Televisão. Durante doze aulas desenvolveram tarefas e atividades guiadas pelo material. Eles receberam apostila com textos e fizeram simulações no computador, registrando suas atividades em lápis e papel. Antes da intervenção os alunos do primeiro ano haviam finalizado o estudo de Movimento Uniforme e Variado, tendo estudado ainda Medidas e Erros no laboratório, Trabalho e Energia e Calor (Energia interna e Temperatura, Capacidade Térmica, Calor Específico e Primeiro Princípio da Termodinâmica). Os do terceiro ano estudaram Mecânica, revisitando conteúdos como Quantidade de Movimento, Leis de Newton, Trabalho e Energia.

ETAPAS DA PESQUISA

A primeira parte da pesquisa pode ser dividida em 5 etapas. A primeira consistiu no levantamento de material teórico que fundamentou as definições em relação aos conceitos de entendimento e aprendizagem, bem como o estudo de referenciais sobre desenvolvimento cognitivo.

Atendendo ao objetivo de verificar como progride o entendimento, na segunda etapa desenvolvemos um material didático que pudesse abarcar os conteúdos de Ciências, principalmente os de Física, mas de uma forma subjacente a processos tecnológicos. Essa etapa compreendeu o estudo de vários materiais de divulgação científica, a busca por diferentes metodologias e consecutivas reestruturações dos textos e atividades. O resultado foi uma Unidade Temática que contemplou diversos temas da disciplina Física, e em menor escala incorporou elementos da Biologia e Química, com enfoque nos

processos gerais de funcionamento da Televisão. Sua estrutura é composta por textos de divulgação científica, simulações de *sites* da internet, textos e simulações elaborados pelos pesquisadores.

Com o fim da elaboração do material didático, iniciamos a elaboração das questões e atividades que fariam parte do estudo, e simultaneamente fizemos uma projeção em relação ao planejamento das aulas, ainda que o mesmo não tenha sido estabelecido. Os testes de conhecimento foram também elaborados nessa etapa da pesquisa.

Em seguida, submetemos o material desenvolvido à avaliação de professores das disciplinas de Física, Biologia, Engenharia e Química. Após a reformulação do material levando-se em conta as avaliações desses professores, o submetemos à apreciação dos coordenadores e professores da disciplina na escola onde a pesquisa seria desenvolvida, para então iniciar sua aplicação.

A quinta etapa consistiu na aplicação da Unidade Temática pelos professores da disciplina de Física, inicialmente nas turmas de terceiro ano, durante duas semanas e meia. Após dois meses, o estudo foi realizado por alunos do primeiro ano, durante três semanas (há diferenças entre as séries em relação à disposição das aulas no laboratório).

Todas as aulas foram acompanhadas pela pesquisadora, que realizou anotações em caderno de bordo e auxiliou os professores na condução das aulas, quando solicitada. Os alunos realizaram atividades em grupo, cujas discussões foram gravadas e arquivadas em áudio. Após quatro meses do estudo da Unidade, seis entrevistas foram feitas com os alunos voluntários do terceiro ano.

A primeira parte da pesquisa relativa ao planejamento do estudo, elaboração e aplicação do instrumento pode ser sistematizada no esquema apresentado na figura 1.

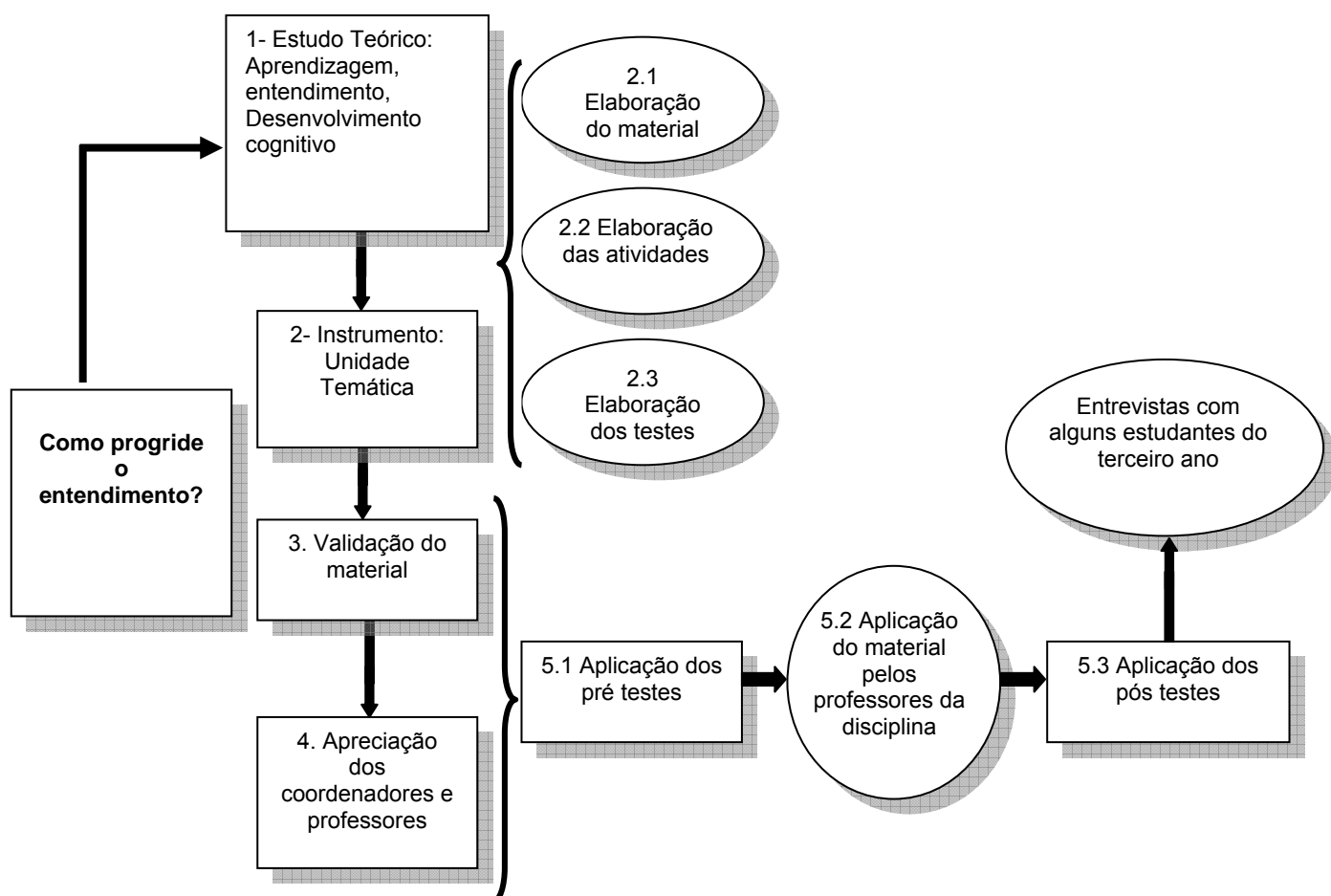


Figura 01: Esquema da primeira etapa da pesquisa

A segunda parte da pesquisa corresponde à sistematização dos dados e análise. Obtivemos como dados um volume extenso de atividades, testes de conhecimento, anotações em caderno de bordo e gravações dos grupos de estudo, assim como entrevistas. Contudo, dada a limitação de tempo para concluir este trabalho, no presente relato expomos os resultados referentes somente aos dados coletados para os testes de conhecimento, gravações e caderno de bordo. As atividades realizadas durante o estudo não foram analisadas, assim como as entrevistas.

As gravações das aulas e o caderno de bordo foram analisados em termos de mapas de episódios para caracterizar de maneira qualitativa a situação de ensino e o contexto de aprendizagem. Utilizamos os pré testes e pós testes feitos pelos estudantes para identificar o progresso. Esses instrumentos contiveram questões abertas e dicotômicas de verdadeiro e falso. As respostas das questões abertas foram categorizadas segundo os conteúdos, em um sistema semelhante ao realizado por DAWSON (2004). Os itens foram classificados segundo os domínios de conhecimento e características do ensino, como frequência de abordagem, conteúdo, complexidade, natureza instrumental e declarativa.

Fizemos análise estatística das respostas aos testes de conhecimento de 221 alunos, utilizando modelos *Rasch* para modelar os dados e métodos diversos para identificar mudança no estado latente (entendimento) em termos dos parâmetros de habilidade (θ) e de dificuldade dos itens (β). Nossa análise levou em consideração a natureza multidimensional do instrumento e da variável latente a ser mensurada; por isso, fizemos um modelamento dos dados para nos certificarmos do modelo mais adequado a ser utilizado.

A questão da definição dos domínios de conhecimento foi realizada pelo modelamento dos dados: estruturamos, qualitativamente, modelos a serem testados pela estimativa dos parâmetros de proficiência e índice de dificuldade dos itens. Essa análise nos permitiu verificar a existência de distintas dimensões para os itens considerados, assim como identificar em que medida estão relacionadas. Por essa análise, procuramos responder as questões: *Há distinção entre os domínios de conhecimento, tomando-se como parâmetro as atividades da Unidade de Ensino? Qual a relação entre esses domínios?*

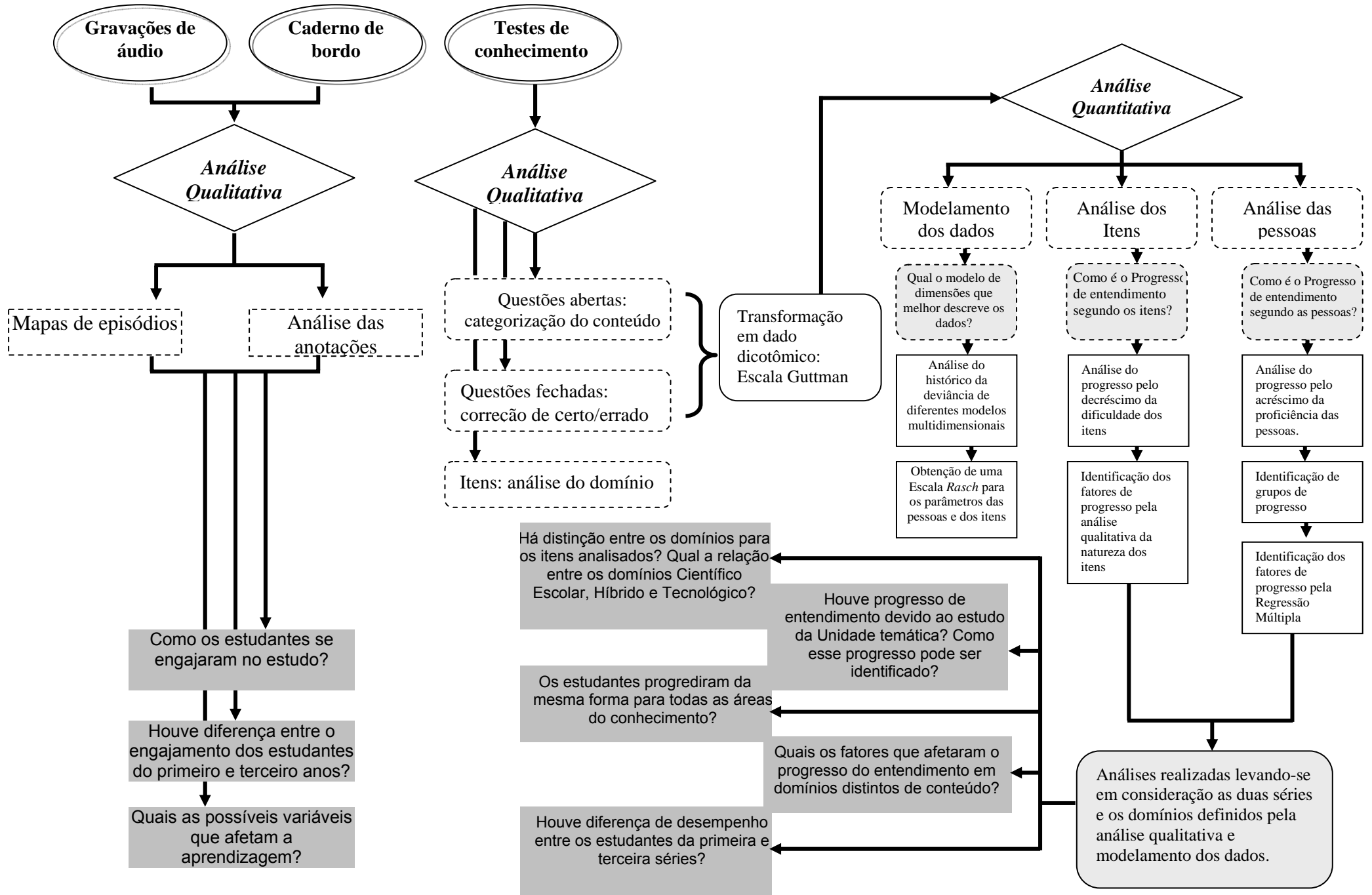
A análise dos mapas de episódios nos forneceu evidências acerca das diferenças do engajamento dos estudantes. Pudemos descrever o contexto de ensino, explicitando qualitativamente os fatores que influenciaram na aprendizagem, tais como a série, familiaridade com o tema e forma de abordagem dos conteúdos. As questões que procuramos responder com essa análise foram: *Como os estudantes se engajaram no estudo e qual a influência desse engajamento no entendimento do conteúdo? Quais as possíveis variáveis responsáveis pela aprendizagem? Houve diferença de engajamento entre os estudantes do primeiro e terceiro anos?*

A questão do ensino pôde ser investigada pela análise dos itens. Através das características traçadas para eles, tivemos evidências de quais fatores poderiam contribuir para melhor entendimento em um ou outro domínio de conhecimento. Nessa análise, pretendemos responder às questões: *Houve aprendizagem na perspectiva do ensino? Quais fatores do ensino contribuíram para a aprendizagem? Como foi a aprendizagem nos domínios Híbrido, Tecnológico e Científico Escolar em relação às características dos itens?*

As variáveis populacionais que afetaram a aprendizagem puderam ser constatadas na análise em que avaliamos os parâmetros de proficiência. Nesse sentido, a intenção foi responder: *Houve aprendizagem na perspectiva de desempenho? Os estudantes das duas séries progredem da mesma forma nos três domínios de entendimento? Há relação entre os progressos do entendimento em cada domínio? Quais os fatores da população que afetam a aprendizagem?* A segunda parte da pesquisa pode ser resumida nas etapas explicitadas na figura 2.

Dados

Figura 02: Esquema da segunda etapa da pesquisa



3- REFERENCIAL TEÓRICO

Descrevemos nesse capítulo as teorias subjacentes à análise dos dados e interpretação dos resultados. Faremos uma definição dos domínios de conhecimento concebidos para classificação dos itens e análise dos fatores de progresso. Em seguida, relatamos a concepção teórica adotada para o entendimento e para o seu progresso. Finalizamos com uma breve exposição dos Modelos Rasch, cuja teoria foi a base para lidarmos com o desempenho em termos de escala intervalar.

CONHECIMENTO CIENTÍFICO-ESCOLAR E CONHECIMENTO TECNOLÓGICO

A questão do conhecimento tecnológico na perspectiva escolar tem sido muito discutida em virtude principalmente da importância atribuída à alfabetização científica para a formação dos indivíduos. O ponto essencial é a preparação do estudante para entender as informações referentes aos avanços científicos de maneira que ele possa se inserir na atualidade.

A importância da ciência e da tecnologia é universalmente reconhecida como veículo para crescimento econômico e desenvolvimento sociocultural (REIS, 1995). A relação entre os conhecimentos de caráter tecnológico e de caráter científico-escolar tem sido levada em consideração em diversas propostas de reformulação curricular. As perspectivas para tratamento das potencialidades de congruência dos dois tipos de conhecimento são diversificadas. Algumas sugerem que existe um campo único de conhecimento

em que conteúdos das duas áreas coexistem e são indissociáveis. Outras consideram que são conhecimentos distintos, mas inter-relacionados.

Nossa concepção é a de que a associação entre os dois conhecimentos acaba por produzir uma nova área, distinta das duas e que se estabelece pelas relações entre os conteúdos, preservando o caráter teórico das Ciências em conjunto com a funcionalidade característica da Tecnologia.

A seguir fazemos uma breve exposição da perspectiva atual do Ensino de Ciências, enfatizando os aspectos relacionados às propostas que incorporam a alfabetização tecnológica. Contudo, não estendemos essa discussão por não se constituir em foco da pesquisa. Discutimos a natureza do conhecimento Tecnológico e do conhecimento nas Ciências, evidenciando as concepções adotadas para esse trabalho. Fechamos a seção estabelecendo as diferenças e relações entre os dois tipos de conhecimento, adotadas para conduzir a investigação e interpretar os resultados.

ENSINO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Pesquisas na área de Ensino de Ciências apontam para uma defasagem entre os conteúdos estudados na escola e o que tem se divulgado na mídia em relação a descobertas científicas (OLIVEIRA e VIANNA, 2006). Muito se tem debatido sobre o distanciamento dos conteúdos escolares em relação à vida prática: *“Estudantes de sucesso em ciências no ensino médio acumulam grande quantidade de conhecimento passivo, mas com frequência e surpreendentemente apresentam pouco do que Layton (1992) chama de ação prática”* (FENSHAM, 1994). Nesse contexto, em que se destaca o consenso sobre a necessidade de mudança na perspectiva de Ensino, discussões sobre

a alfabetização científica se tornaram bastante freqüentes, proporcionando um ambiente propício e promissor para a inclusão de conhecimentos tecnológicos na educação básica.

Essa tendência, já presente na década de sessenta, tem se intensificado nos últimos anos e ganha novas proporções, sendo inclusive o fundamento para propostas curriculares, tanto no âmbito nacional como no internacional.

A atualização curricular passou a se constituir em uma necessidade, e no Brasil ela se fez presente em documentos cujo principal objetivo foi orientar a mudança do foco de Ensino. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (BRASIL, 1999), Os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000), as Orientações Curriculares Nacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002) e outros documentos complementares apontam para a priorização da *“formação geral em oposição à formação específica; o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização”* (BRASIL, 1999).

Nesse contexto, o conhecimento tecnológico é considerado por diversos autores como de essencial importância para a formação geral do cidadão. Reis (1996), discutindo a perspectiva da educação tecnológica em Portugal, propõe argumentos econômicos, sociais, ambientais, políticos, morais e educacionais para justificar a importância do conhecimento tecnológico na atualidade. Segundo essa autora, *“a tecnologia definitivamente invadiu nossas vidas”, e “o acesso ao mundo e à cultura contemporânea exige um cuidadoso tratamento escolar dos processos tecnológicos”* (REIS, 1996 pag. 22).

O ensino de Ciências tem sido discutido em termos de adequação dos conteúdos de Física, Química e Biologia, tendo-se como parâmetro as tecnologias que envolvem os conceitos de cada disciplina. Nesse sentido, o ensino deve primar pela formação geral do aluno no que diz respeito “à aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação.” (BRASIL, 1999). Da mesma forma, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96) estabelece, no parágrafo 1º do artigo 36, que os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação devem ser organizados de tal forma que, ao final do ensino médio, o educando demonstre:

- I- *“domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;*
- II- *conhecimento das formas contemporâneas de linguagem;*
- III- *domínio dos conhecimentos de filosofia e de Sociologia necessários ao exercício da cidadania”.*

O objetivo de formação geral em meio à dinâmica atual de informação tecnológica criou uma demanda por propostas curriculares que contemplassem não os conteúdos tradicionais de Ciências em abordagens usuais, mas sim conteúdos de Ciências que notadamente são imprescindíveis para compreender objetos e conceitos tecnológicos. As diversas propostas curriculares passam a ter o objetivo de alfabetizar os indivíduos, científica e tecnologicamente, incorporando principalmente as relações entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade (propostas CTS). Segundo Mortimer e Santos (2002), Bybee (1987) identifica basicamente três objetivos gerais das propostas CTS: i)

aquisição de conhecimentos, ii) utilização de habilidades e iii) desenvolvimento de valores. Aprender conteúdos de ciências e tecnologia propiciaria aos alunos obter e interpretar informações que fazem parte dos discursos do campo político, social, econômico, cultural e ambiental.

Em meio a essa nova perspectiva, a questão do conhecimento tecnológico passa a se constituir em ponto chave na reformulação do Ensino de Ciências. *O que ensinar e como ensinar* a fim de contemplar a formação geral do indivíduo dentro da visão da alfabetização científica e tecnológica deve passar pela própria definição do que seja Tecnologia e como o conhecimento dessa área está relacionado aos conteúdos das Ciências.

É preciso ter uma visão clara do conceito de tecnologia para que as orientações para o ensino sejam consistentes. Isso implica em se discutir primeiramente a natureza do conhecimento tecnológico, delimitar os campos em que esse conhecimento se insere e estabelecer suas relações com as mais diversas áreas de conhecimento.

Nosso propósito não é promover um debate acerca das reformulações curriculares em relação ao ensino Tecnológico e de Ciências. Antes, pretendemos nos deter nas definições dos domínios tecnológico e científico, a fim de buscar os limites e as potencialidades das relações entre esses dois campos. A seguir discutimos a questão do conhecimento tecnológico, procurando evidenciar a concepção adotada na investigação conduzida.

CONHECIMENTO TECNOLÓGICO

Descrever o que é tecnologia não é tarefa fácil. Muitas são as percepções e pontos de vista, e o termo é utilizado em várias ocasiões e com distintos significados, sendo susceptível a interpretações diversas.

Mortimer e Santos (2002) definem tecnologia como “*o conhecimento que nos permite controlar e modificar o mundo*”. Para eles, ela é indissociável do conhecimento científico. De Vries (2005), por outro lado, ressalta que, diferentemente do conhecimento nas Ciências, o conhecimento em tecnologia não carrega em si um caráter de julgamento (descrição da verdade), e isso os torna essencialmente distintos.

Baird (2002) compartilha da concepção diferenciada entre os dois domínios de conhecimento. Para ele a Ciência busca “*justificar uma crença verdadeira*”, enquanto a Tecnologia busca “*o senso material da verdade na noção de funcionalidade*”. Dessa forma, o conhecimento no domínio Tecnológico não é validado pela relação com “*a verdade*”, mas pela relação com o sucesso da “*funcionalidade*”.

Compton (2004) sugere que o conhecimento tecnológico deve envolver o conhecimento i) de quais fontes de recursos essenciais devem ser usadas; ii) dos princípios tecnológicos e iii) de como combinar as fontes e os princípios. Para esse autor, o conhecimento tecnológico tem caráter tácito, é evidenciado na prática. Ele pode se referir a um conhecimento social ou conhecimento sobre fontes de recurso; pode ser funcional e/ou técnico e ainda possuir uma característica relacional.

Essa idéia sobre a variedade das características do conhecimento Tecnológico é um consenso entre muitos autores. A natureza funcional, concebida na maioria dos casos, diz respeito ao conhecimento dos aspectos de funcionalidade de uma determinada tecnologia. A natureza física é concebida por De Vries (2005) como relacionada às propriedades físicas de um artefato específico. O aspecto relacional diz respeito ao conhecimento de como associar a natureza física com o caráter funcional, e o conhecimento procedimental diz respeito ao “*saber como fazer*”: implica o conhecimento dos processos inerentes ao conceito tecnológico em questão.

O conceito de tecnologia é multifacetado e polifocal. Algumas facetas sobre a concepção de Tecnologia são descritas por Reis (1995) para definir a natureza do conhecimento tecnológico:

- 1- **Tecnologia como artefato:** nessa concepção, a tecnologia se limita a um conjunto de dispositivos produzidos pelo homem. Ela se constitui nos aparatos, sendo indissociável do aspecto material. Por exemplo, falamos da tecnologia do iPhone ou do livro eletrônico.
- 2- **Tecnologia como uma atividade com um propósito:** nessa perspectiva, a tecnologia vai além do artefato em si: ela se refere a uma atividade direcionada a um objetivo específico, como a construção de um dispositivo para suprir algum tipo de necessidade. Por exemplo, falamos em tecnologia de extração do petróleo do pré-sal e tecnologia de fabricação do papel.
- 3- **Tecnologia como um processo:** a tecnologia aqui é concebida enquanto “*o processo através do qual algo é inventado para satisfazer*

uma necessidade reconhecida” (REIS, 1995, pág. 43). Por exemplo, a tecnologia do cartão de crédito e a tecnologia de controle de tráfego aéreo.

4- **Tecnologia como conhecimento:** a tecnologia é considerada como saberes obtidos e agregados pela prática, de caráter tácito e desprovidos de justificação teórica. Compreende processos de abstração e generalização para outros domínios de conhecimento. Como exemplo, temos a Tecnologia previsão de tempo, tecnologia de programação orientada a objetos.

5- **Tecnologia como algo determinado por valores e contexto:** perspectiva através da qual a tecnologia não se constitui em atividade neutra, mas é um produto de avaliações condicionadas a valores éticos, ambientais, sociais, culturais ou econômicos. Tecnologia de controle de queimadas, tecnologia de clonagem de plantas, tecnologia de transgênicos.

6- **Tecnologia como um sistema dinâmico:** a tecnologia *“é um processo evolutivo, amplamente cumulativo, no qual a solução para um determinado problema conduz, geralmente, a uma transformação da situação inicial; transformação que faz emergir novos problemas e abre novas possibilidades”* (Reis, 1996, pág. 44). A tecnologia de publicação eletrônica (desktop publishing), tecnologias de encriptação, tecnologias de comunicação telefônicas, são exemplos dessa faceta.

7- **Tecnologia como organização social:** perspectiva em que a tecnologia se refere a uma atividade humana organizada de investigação,

compreendendo uma estrutura de relações sociais bem definidas. Um exemplo é a Tecnologia de arranjos produtivos locais.

- 8- **Tecnologia como cultura:** a tecnologia é cultura na medida em que se apresenta como uma forma dinâmica de influenciar hábitos e costumes dos indivíduos, tendo uma tendência para construir uma superestrutura autônoma e uma realidade objetiva com vida própria. Exemplos são a Tecnologia de DVD, a Tecnologia de home-theater e a Tecnologia do telefone celular.

Dentre todos os aspectos da tecnologia enumerados por Reis (1996), o mais reportado nas questões de Ensino é o de Tecnologia como conhecimento, estando ainda subjacente o aspecto de artefato e de processo.

Em nossa perspectiva, o conhecimento Tecnológico se refere ao conhecimento de processo, associado ao aspecto de funcionalidade em relação ao aparato ou artefato tecnológico (como, por exemplo, um programa de computador). Consideramos que o conhecimento tecnológico subtende alguns componentes, como o saber teórico, as destrezas inerentes à prática, a capacidade de utilização do artefato para suprir uma necessidade eminente e a capacidade de abstrair o entendimento para outros domínios de ação.

Estando esse conhecimento mais relacionado a uma prática que visa alcançar um propósito, seu foco é no *saber como*, ao invés do *saber porquê*, típico das Ciências. Ele compreende componentes normativos que o conhecimento científico não possui: “*quando temos um conhecimento sobre o elétron, não podemos dizer se ele é bom ou ruim. Ele apenas se comporta de acordo com leis naturais dadas*” (De VRIES, 2005, pág. 152).

Se o conhecimento tecnológico compreende o entendimento de funções específicas, processos e características físicas dos artefatos, assim como a capacidade de relacionar todos esses aspectos, então o ensino de tecnologia deve possibilitar a aquisição não só das descrições dos aparatos, mas também o entendimento sobre suas funções, sua aplicabilidade e seus impactos no âmbito sociocultural e econômico.

CONHECIMENTO ESCOLAR

A natureza do conhecimento científico compreende aspectos relacionados à descrição e explicação dos seus objetos conforme leis e preceitos específicos da área. É um conhecimento relacionado à descrição e explicação de modelos que devem ser compreendidos enquanto descrição de uma situação ideal. Uma característica intrínseca do desenvolvimento de conhecimento científico é

“a passagem progressiva do real-percebido ao real-idealizado, em meio ao processo de produção de modelos. Esse processo inicia-se pelas idealizações das situações tratadas que resultariam nos objetos-modelos, e termina com a construção dos modelos teóricos, que seriam as estruturas que emulariam o real através de sistemas conceituais hipotético-dedutivos. Para chegar-se a eles, é necessário a construção de objetos-modelos e sua incorporação numa teoria geral, que por ser geral não se pronuncia diretamente sobre a realidade. Esta dinâmica é, grosso modo, a base de todo processo de construção na Ciência” (PIETROCOLA, 1999).

Os conteúdos e conceitos científicos carregam em si especificidades que só são compreendidas no âmbito acadêmico ou escolar. As relações entre os conteúdos científicos com o cotidiano e com a tecnologia em que se insere o mundo contemporâneo são feitas a partir do entendimento dos modelos ideais, e da generalização do conhecimento construído.

O conhecimento científico-escolar subtende alguns aspectos típicos de outras áreas, como o caráter relacional. Assim como no conhecimento tecnológico, o aspecto relacional é necessário para lidar com a generalização dos conceitos e estabelecer as pontes necessárias para o entendimento mais amplo de uma teoria. Além da faceta relacional, o conhecimento científico escolar tem o caráter conceitual, e está relacionado ao pensamento lógico e sistêmico e à capacidade de abstração. Ele possui regras, linguagem e significados próprios, muitas vezes distintos dos da vida ordinária ou cotidiana.

Ferreira e Villani (2002) afirmam que *“aprender ciência não é fácil, pois sua linguagem não é a linguagem do senso comum. Os conceitos, mesmo que absorvidos inicialmente por analogias e fazendo ponte com os conceitos primeiros que o indivíduo desenvolveu durante a vida, deverão ser reconstruídos dentro do contexto científico”*.

Conceitos como os de átomos, moléculas, ligações atômicas, reações químicas, dentre outras na área de Química, modelos dos componentes celulares e de sistemas em geral (por exemplo, do sistema imunológico, dos ciclos naturais) na Biologia e energia, ondas eletromagnéticas, quantidade de movimento na Física não são entendidos da maneira cientificamente correta se não forem incorporados com as devidas especificidades de cada área.

Dessa forma, o conhecimento científico-escolar é um tipo de conhecimento que se apóia em teorias e prima pela descrição e explicação de leis naturais, sem a intenção de estabelecer julgamento ou tomar o conceito em termos de sua funcionalidade e aplicabilidade. Ele está associado a processos de abstração do real e generalização, conservando o caráter relacional dos seus objetos de estudo.

ZONA DE HIBRIDAÇÃO DO CONHECIMENTO

A natureza do conhecimento científico-escolar difere da natureza do conhecimento tecnológico em muitos aspectos. Os próprios objetos de estudo que as duas áreas utilizam são distintos, enquanto concepção, descrição e finalidade.

O conhecimento científico focado nas escolas se baseia em proposições teóricas, sem se deter nos aspectos funcionais. O conhecimento tecnológico tem um caráter prático. Podemos dizer *“que a ciência procura decifrar o mundo como um fim em si mesmo e a tecnologia está empenhada em usar e modificar esse mundo para satisfazer os propósitos humanos”* (REIS, 1995, pág. 46).

Além disso, os métodos de desenvolver um e outro conhecimento se diferem. Os métodos utilizados para produzir conhecimento científico envolvem a experimentação, a observação e um conjunto de operações cognitivas analíticas. No campo tecnológico os métodos são baseados na síntese de conhecimentos e práticas. Outro ponto é que nem todo conhecimento em tecnologia pode ser expresso em proposições e, como já explicitado, aqueles que são proposicionais não podem ser adequadamente associados com a “verdade”, pois eles não se referem ao estado verdadeiro dos artefatos (De VRIES, 2005).

Entretanto, apesar de apresentarem naturezas distintas, o conhecimento científico-escolar e o conhecimento tecnológico estão imbricados. É inegável que os conteúdos de um são, de certa forma, relacionados com o desenvolvimento do outro, e por isso podem se influenciar mutuamente. A

interação entre as duas áreas ocorre muitas vezes de maneira dissociada: a descoberta de uma teoria pode levar ao desenvolvimento de uma tecnologia específica relacionada a uma técnica ou prática, assim como o desenvolvimento de aparatos tecnológicos pode contribuir para descobertas no campo das Ciências.

Essa estreita relação é a base de muitas propostas de educação Tecnológica e a principal discussão se concentra em como promover um ensino em que Ciência e Tecnologia se integrem para o desenvolvimento de um conhecimento amplo e significativo. Em alguns casos, os conhecimentos são tomados como distintos e tratados como tal, sendo que um é utilizado como respaldo para descrição e explicação dos conceitos do outro. Em outras propostas, os dois conhecimentos são considerados em uma única perspectiva, como se constituíssem duas faces de um mesmo objeto de estudo.

Do nosso ponto de vista, os conteúdos da Ciência não são diretamente observáveis na realidade cotidiana e tampouco reproduzidos ao nosso redor. Também não são estudados em virtude de sua aplicabilidade. Apesar disso, eles são o alicerce no qual a tecnologia se apóia para inserir no nosso mundo uma diversidade de aparatos. A associação entre os objetos das duas áreas de conhecimento subtende processos de desconstrução e reconstrução de significados.

O conhecimento científico-escolar difere do tecnológico em termos de lógica de pensamento, de linguagem e de elaboração. As pontes ou relações estabelecidas entre os dois tipos de conhecimento é um processo a parte, que requer uma capacidade de abstrair os conceitos teóricos já apreendidos e fazer

a transposição para uma situação prática, por meio do entendimento em relação às diferenças e semelhanças entre os artefatos tecnológicos e os modelos teóricos da Ciência.

Um novo tipo de conhecimento é construído em decorrência da relação estabelecida entre o conhecimento científico-escolar e o conhecimento tecnológico. Isso quer dizer que, em uma educação científica, que busca na tecnologia uma forma de se ensinar conteúdos típicos da Ciência, haverá o desenvolvimento de outro tipo de conhecimento que não o somatório das partes referentes ao campo tecnológico e científico-escolar: um novo tipo de conhecimento surge pela desconstrução do entendimento sobre os conceitos científicos e uma reconstrução do seu significado em meio ao campo de hibridação das duas áreas.

Essa idéia é ilustrada na figura 03, adaptada de Fensham (1995).

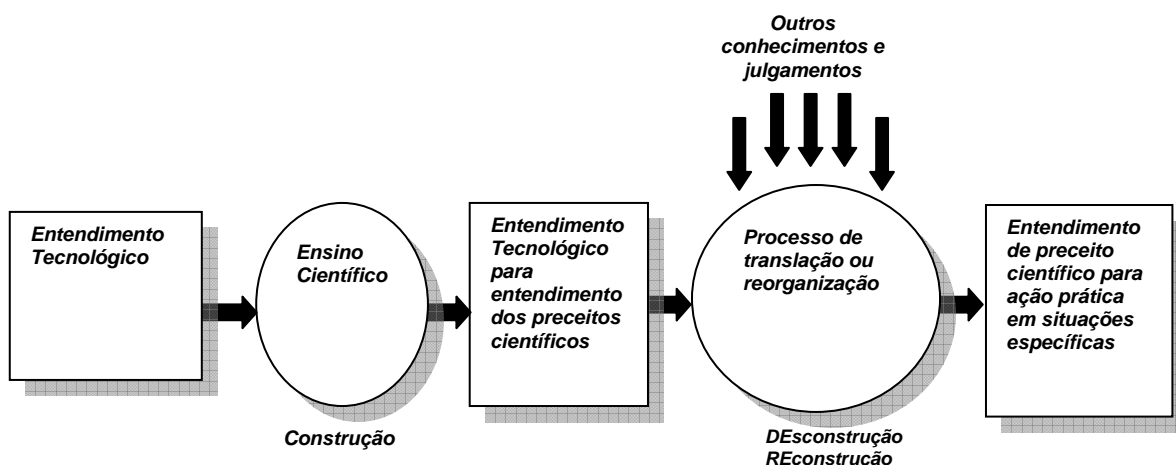


Figura 03: Exemplo de construção do entendimento científico a partir da relação com o entendimento tecnológico

O exemplo é um processo em que o entendimento de um conteúdo científico é construído a partir de um entendimento tecnológico. Nessa construção, a tecnologia em questão é uma ferramenta que supostamente já é

concebida pelo aprendiz. Ela é utilizada no ensino para o entendimento de conceitos científicos.

Há estabelecimento de relações e inclusão de outros conhecimentos, além de serem estabelecidos julgamentos referentes ao novo conceito que está sendo formado. O processo de translação ou reorganização do conhecimento científico é marcado pela desconstrução do conhecimento já estabelecido e a re-construção do novo conhecimento, referente não só aos conteúdos teórico-científicos, mas também à sua aplicação em situações práticas específicas. Esse novo conhecimento possui características distintas daquelas envolvidas no processo. Ele não é específico de um ou outro domínio, pois se constitui em uma nova área de imbricação dos dois tipos de conhecimento: nós o consideramos como sendo um conhecimento de caráter *Híbrido*.

Um exemplo é o entendimento do processo de modulação para transmissão de sinais. O sujeito pode aprender sobre modulação enquanto forma de transmitir a informação relevante via a onda portadora ou sobre modulação como resultados de processos ondulatórios (batimento ou interferência). Para entender esse processo, o sujeito deve entender os conceitos de frequência, onda portadora, sinal a ser transmitido, e os fenômenos de batimento e interferência numa perspectiva de “sistematização” de informação. Isso requer mudar o foco de atenção de *o que significam os conceitos e qual a função da modulação para a relação entre o conceito ou fenômeno e a funcionalidade característica do processo tecnológico*.

A CONSTRUÇÃO DO ENTENDIMENTO

Quando praticamos uma ação demonstramos um entendimento que está implícito no saber fazer. Quando verbalizamos uma concepção demonstramos uma parte do entendimento que temos sobre algum conteúdo. O saber fazer e o saber dizer são indícios do entendimento, assim como indicadores do seu estado de articulação. Contudo, o entendimento que temos sobre algo é mais amplo e mais profundo do que expressamos, seja pela fala, pela escrita ou pela ação. Como colocado por Wykrota (2007) e Frade (2003), Polanyi utiliza a metáfora da ponta de um *iceberg*, para se referir ao entendimento exibido por um sujeito.

Clancey (2001) sugere tomar *“conhecimento e aprendizagem em termos de coordenação conceitual - um processo neuronal baseado em processos no qual sistemas perceptual-motores e conceituais em que diferentes modalidades são combinados, seqüenciados e compostos”*.

Ao aprender, mobilizamos diferentes habilidades para relacionar os conteúdos, interpretar os significados e incorporar novos elementos. Um novo entendimento é construído por sucessivas elaborações e reestruturações do quadro referencial já existente, sendo esse um processo dinâmico: ele subtende a combinação, composição e relação entre habilidades de naturezas distintas.

A seguir descrevemos o papel da abstração na construção do entendimento e explicitamos a perspectiva adotada para analisar o seu progresso. Finalizamos descrevendo nossas considerações acerca dos indicadores de entendimento.

O PAPEL DA ABSTRAÇÃO

Os princípios científicos subtendidos na produção moderna têm seus alicerces em leis e conteúdos estabelecidos a partir de teoria. Ter domínio em relação a eles significa entender a linguagem específica que os definem e concebê-los a partir da definição acadêmica. Essas habilidades são construídas no processo de abstração.

Ao construirmos um novo entendimento, mobilizamos diversas habilidades e a capacidade de abstrair o objeto é essencial, seja em termos de apreciação concreta, como na abstração empírica de Piaget (1995), seja em termos de dissociação da realidade tangível. Nesse sentido, a abstração é um processo ascendente, que engloba diferentes fases e que culmina em um entendimento generalizado do objeto (PIAGET, 1995). Ela não é específica da matemática ou de qualquer campo de conhecimento, pois em todos os domínios e para qualquer conceito há o contato inicial, um processo de familiarização e de relações estabelecidas e finalmente a construção de um entendimento generalizado.

Não se pode negar que há diferenças no processo de abstração quando se trata de domínios distintos. Essas diferenças se devem em parte aos níveis de complexidade dos conceitos e à natureza da área de conhecimento. O domínio da lógica subtende relações distintas do domínio da lingüística. Conceitos da Física exigem raciocínios diferentes dos conceitos rotineiros da vida diária. Mesmo dentro de um único domínio, há diferenças e, nesse caso, o nível de complexidade do conceito é determinante: ele irá definir desde características necessárias do sujeito - o quadro conceitual já estabelecido, a maturidade, estruturas cognitivas já formadas, *expertise*, contato com conceitos

relacionados (BIGGS E COLLIS, 1980) - até processos mentais exigidos para o entendimento do conceito - quantidade de relações que devem ser estabelecidas, outros quadros que devem ser criados ou imaginados para dar sentido ao conceito, outros domínios que devem ser acessados para sistematizar e concatenar os dados referentes a esse conceito.

Podemos dizer, portanto, que existem conceitos de níveis distintos de abstração. Alguns podem ser entendidos em sua totalidade sem que o sujeito tenha adquirido as estruturas formais de pensamento; basta que sua complexidade não exija a mobilização de tais estruturas. É o caso de alguns conceitos rotineiros que as crianças dominam sem terem desenvolvido ainda estruturas formais de pensamento. Tais conceitos não exigem mais do que poucas relações e alguns processos mentais para serem compreendidos e assimilados de maneira generalizada.

Por outro lado, há conceitos que, para serem entendidos em sua totalidade, exigem a mobilização de estruturas cognitivas mais complexas, formadas em fases mais avançadas da vida. Nesse caso, eles requerem um nível de abstração mais apurado e seu entendimento só ocorre se essas estruturas já estão formadas e ainda se o aprendiz possui o suporte necessário (quadro teórico, entendimento de outros conceitos, habilidade de generalizar) para que as relações possam ser estabelecidas (BIGGS e COLLIS, 1982).

As etapas de construção do entendimento demandam muitos processos em que a abstração é essencial. Ela está presente na percepção das características do objeto a conhecer, que se realiza por comparações com o quadro de informações que o sujeito já possui. Essa apropriação das características - abstração empírica - (PIAGET, 1995) é seguida por uma

associação dessas características a situações diversas, ampliando o conceito do objeto e potencializando o seu uso - abstração reflexionante – (PIAGET, 1995). Em seguida, uma nova concepção do objeto começa a ser reconstruída em um patamar mais geral: o sujeito concebe o objeto agora em diferentes domínios e é capaz de gerar teorias - abstração refletida – (PIAGET, 1995). O ápice da abstração está na total dissociação do objeto teórico de seu referente concreto e tangível. Ele é entendido em termos universais, sendo que suas características podem ser concebidas em diferentes domínios de conhecimento sem perder a essência intrínseca que o define e o diferencia de outros conceitos.

O foco da nossa investigação está nos aspectos da aprendizagem que promovam o entendimento de conteúdos de três áreas distintas do conhecimento. Consideramos que esses conteúdos, para serem entendidos de maneira profunda, exigem etapas de abstração, nas quais o aprendiz deve romper com determinadas estruturas de pensamento direcionadas para a realidade palpável e tangível e conceber, de uma maneira mais generalizada, modelos idealizados dessa realidade.

A EVOLUÇÃO DO ENTENDIMENTO

Expressamos nosso entendimento a partir do momento que o utilizamos de diferentes formas e em diferentes contextos. Esse entendimento, entretanto, não é estático e se transforma a cada retomada, se adaptando e se inserindo em diferentes situações. Dessa forma, um aprendiz constrói seus significados a partir da instrução, das relações que estabelece com outros conteúdos e da sua própria ação sobre o objeto de conhecimento.

O conhecimento é intensificado e se torna consistente na medida em que é construído e reconstruído em circunstâncias as mais diversas. Contudo, as construções cognitivas não se sucedem linearmente; elas dão lugar, estágio após estágio, a reconstruções daquilo que precede com integração daquilo que se segue (PIAGET, 1987). Sendo assim, um entendimento não se concretiza em um único momento e de uma só vez, mas é construído em fases diferentes da vida, em que o sujeito adquire habilidades diversas que o capacitam a ampliá-lo.

A aprendizagem demanda relações e diferenciações de elementos em meio a um caminho determinado por fatores situacionais. Isso quer dizer que ela é influenciada tanto por fatores externos ao aprendiz (contexto, situação de aprendizagem, relações sociais) como por fatores endógenos (estado emocional, conteúdos da memória, capacidade de estabelecer relações, familiaridade com o tema) (FISCHER, 1980).

Há progresso no entendimento sobre um novo conceito na medida em que o aprendiz interpreta e re-interpreta esse conceito sob várias perspectivas e situações. A elaboração e re-elaboração de significados que caracterizam a evolução de um entendimento requer habilidades cognitivas próprias para estender e generalizar o conceito. Essas habilidades são tomadas como estruturas de controle abstratas, concebidas na teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980, 2007) em termos de ações, sejam mentais ou motoras.

O comportamento humano, na teoria de habilidades, varia conforme o contexto, características pessoais, emoções e outros fatores situacionais. A cada momento o desempenho de uma pessoa muda, sendo suas ações

adaptadas a variações da situação. As variações são, segundo Fischer, a chave para entender a organização e construção de novas estruturas de pensamento que, pela própria natureza do processo, não são estáticas.

Essa perspectiva de estruturas dinâmicas estabelece igual valor para o ambiente e o sujeito no processo de aprendizagem. A teoria de habilidades dinâmicas postula que as estruturas de pensamento são controladas pelo sujeito em contextos específicos, e essa postura promove um balanço entre as concepções Piagetianas centradas no sujeito e as concepções behavioristas e as de Vigotsky, ambas centradas no ambiente (PARZIALLE, 1998).

As ações controladas dizem respeito à própria cognição: de acordo com Fischer, o conceito de cognição é amplo, e se refere a qualquer ação controlada do sujeito. As fontes de variação estão associadas a diferentes fatores: contexto social, estado emocional, cultura. Elas são relacionadas a conjuntos ou coleções de ações sensório-motoras, representacionais ou abstratas. Com o desenvolvimento cognitivo, o sujeito pode governar e controlar as variações no que pensa ou faz em cada uma dessas ações. Dessa forma, a cognição é tudo que envolve o controle de fontes de variação, sejam essas chamadas de linguagem, habilidades sociais, emoção, etc. (FISCHER, 1980, 2007).

Nesse sentido, a progressão do entendimento se realiza na medida em que habilidades são combinadas e desenvolvidas no intuito de adequar o conteúdo às estruturas internas de pensamento, e isso implica no controle de ações pelo próprio aprendiz.

Pela Teoria de Habilidades Dinâmicas, as habilidades subjacentes a um entendimento podem ser combinadas e coordenadas, formando conjuntos ou coleções, no sentido matemático desses termos. Esses conjuntos, por sua vez, são relacionados, originando o que na teoria é denominado de mapas. Os mapas são coordenados em sistemas que dão origem, pelas suas relações, aos sistemas de sistemas.

Nesse aspecto, o progresso se realiza através de uma série de níveis, crescendo em complexidade a partir de ações sensório-motoras para representações e dessas para abstrações. Os indivíduos se desenvolvem continuamente e de forma gradual pelos níveis em uma grande gama de domínios (PARZIALLE, 1998).

Ao todo são três camadas que compreendem um total de dez níveis. As camadas dizem respeito ao tipo de habilidade que pode ser construída em idades específicas. Os níveis se referem a uma estrutura que indica quais tipos de comportamento o sujeito pode controlar. As habilidades são construídas pela ação do indivíduo no meio, e sua *performance* é influenciada por circunstâncias desse meio, as quais induzem a combinação de várias ações.

Ao combinar várias ações, diferenciando-as ou transformando-as, há formação de habilidades de mais alta ordem, pertencentes ao próximo nível (FISCHER, 1980, 2007). A maneira como ocorre a progressão de um nível a outro é explicada na teoria por regras específicas, denominadas de Regras de Transformação. Há recorrência de ciclos nos níveis de cada camada. Isso significa que as habilidades são organizadas de forma hierárquica, e apresentam a mesma seqüência de níveis em todas as camadas (FIGURA 04).

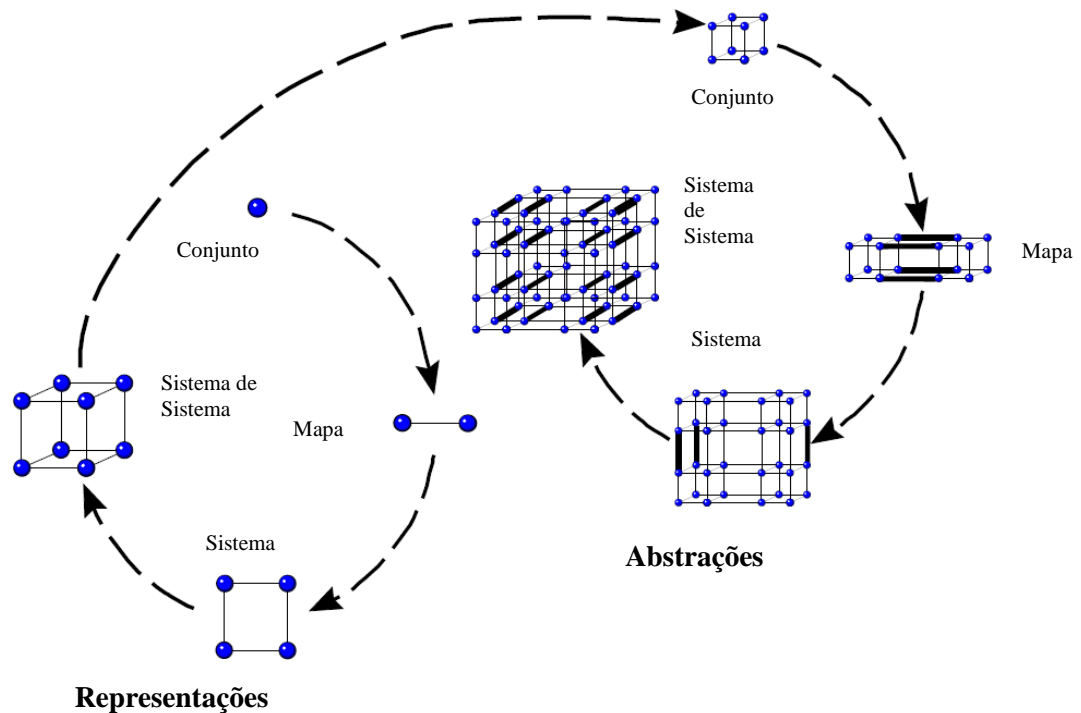


Figura 04: Esquema geral do desenvolvimento em relação aos níveis em meio às camadas. Traduzido de FISCHER, 2008.

Os conjuntos da camada representacional evidenciam ações que formam habilidades específicas em determinado domínio. Dentro de uma camada de desenvolvimento, as habilidades começam com conjuntos singulares. Quando relações são estabelecidas entre conjuntos, há um mapeamento. A relação entre mapas dá origem ao sistema. Quando os sistemas são coordenados, o desenvolvimento é qualitativo, representando a passagem para uma nova camada. Na figura 4 o sistema de sistema da camada representacional se refere a um conjunto da camada de abstração. O ciclo de seqüências de níveis é então repetido para essa nova camada.

Ao crescer em complexidade, as habilidades de maior nível de complexidade subsumem as habilidades dos níveis inferiores. Assim, em um nível de mais alta ordem, as habilidades de mais baixa ordem se tornam

diferenciadas, integrando outras habilidades mais complexas que se desenvolveram.

Quando um sujeito utiliza um multímetro para medir a tensão de uma bateria, por exemplo, ele coordena várias habilidades, tanto sensório-motoras como representacionais e até mesmo abstratas. Quando todas essas habilidades são coordenadas representando um alto grau de entendimento, a habilidade mais complexa de medir a tensão utilizando um multímetro foi construída: ela representa a coordenação de várias habilidades mais básicas. As habilidades sensório-motoras desse exemplo, as representacionais e também as abstratas são habilidades desenvolvidas a partir de outras que as antecedem.

É importante ressaltar que as habilidades se desenvolvem através de níveis, não de estágios, e que esse desenvolvimento é contínuo. Elas não têm a generalidade nem a forma estática que o conceito de estágio incorpora. As habilidades não caracterizam estágios de inteligência. Elas se desenvolvem de maneira seqüencial, mas essa seqüência diz respeito a níveis de ações que um indivíduo pode apresentar de acordo com mudanças no domínio, contexto social, tarefas, estado emocional, momento do dia, grupo cultural, temperamento e outros fatores.

Ainda que haja diferenças na velocidade de mudanças no desenvolvimento³, ele é gradual, e um sujeito não está no mesmo nível para todas as habilidades. Isso equivale a dizer que em diferentes domínios de

³ O movimento para um novo nível é caracterizado por uma mudança rápida, mas uma vez atingido o nível, as mudanças se tornam mais lentas. Assim, a velocidade do desenvolvimento varia de forma cíclica. Isso não quer dizer, entretanto, que as mudanças no desenvolvimento sejam abruptas ou descontínuas (FISCHER, 1980).

conhecimento o aprendiz tem habilidades de diferentes níveis de complexidade.

Dessa forma, podemos dizer que a construção de habilidades cada vez mais complexas se realiza diferentemente para áreas e até conteúdos específicos. Um determinado indivíduo pode apresentar habilidades de nível formal para um conteúdo e habilidades de nível sensório-motor para outro. O repertório de habilidades em diversos domínios de ação influencia a aprendizagem de um novo conteúdo (BIGGS e COLLIS, 1980).

AVALIAÇÃO DO ENTENDIMENTO

O entendimento não pode ser avaliado ou mensurado diretamente. Ao considerá-lo como uma maneira de estruturar vários elementos, em termos de relações e conteúdos, de uma forma dinâmica e influenciada por vários fatores, admitimos que não há como mensurá-lo a partir de um único dado observado. Podemos ter acesso a indicadores do estado momentâneo do entendimento, e mesmo assim, não temos como mensurá-lo em sua totalidade.

O que temos são manifestações do estado de um entendimento, que não é totalmente capturado em uma única medida ou por um único instrumento e em um tempo apenas. Dessa forma, podemos dizer que nosso objeto corresponde a um estado latente, não mensurado diretamente e que incorpora muitas variáveis.

O entendimento pode estar implícito no saber fazer e não ser necessariamente explicitável, pois está incorporado tacitamente às nossas ações. Esse tipo de entendimento que está no saber fazer se remete à realização de tarefas que mobilizam diferentes formas de pensamento e

habilidades, sendo definido por SCHÖN (1987) como conhecer-na-ação⁴; refere-se justamente ao saber agir sem, no entanto, saber explicar como agir.

Apesar de cientes das dificuldades em lidar com um objeto dessa natureza, acreditamos que podemos avaliar o entendimento por meio de manifestações observáveis. Essa avaliação é feita partindo-se do pressuposto de que determinadas previsões só são passíveis de serem realizadas se o aprendiz tiver um determinado modelo mental sobre o conteúdo em questão (MILLAR e LIM BEH, 1993). Ou seja, para lidar com situações que envolvem determinado conceito, o sujeito deve possuir certo entendimento, ainda que ele não esteja completamente estruturado. Do contrário, a situação causa tamanha estranheza que o aprendiz não consegue lhe atribuir significado.

Em conseqüência, podemos ter acesso ao entendimento (pelo menos de forma parcial), confrontando o sujeito com situações em que ele deve mobilizar esse entendimento para resolver determinados problemas. Podemos ainda avaliar sua complexidade pela incorporação de elementos mais elaborados a essas situações. Ao concebermos o entendimento como *“incluído em um tipo de compreensão prática, a qual é acompanhada por uma performance de sucesso, em se tratando de habilidades”* (POLANYI, 1983), consideramos que sua avaliação pode ser feita por várias abordagens e utilizando diversos instrumentos. Nesses termos, o entendimento é

reconhecido como uma faculdade. As habilidades práticas, o reconhecimento de fisionomias, a *performance* em testes, o uso de ferramentas e o uso de significados das palavras são muitos atos de entidades complexas de entendimento (POLANYI, 1983).

⁴ Os hífen são usados, nesta expressão, para designar que conhecer é inseparável do agir.

A concepção procedimental do entendimento tem sido incorporada por alguns pesquisadores da área de Ensino de Ciências. A idéia de que “*o entendimento está na performance, e não é apenas evidenciado por ela.*” (MILLAR e KING, 1993) está presente em algumas investigações com foco na aprendizagem.

Millar e Lim Beh (1993) argumentam a favor de uma definição mais operacional do que seja entendimento: não existe “*uma coisa tal como ‘entendimento de voltagem’ a não ser enquanto a habilidade de fazer previsões corretas em situações nas quais (aquilo que os cientistas denominam de) voltagem está envolvida*”.

Concordamos parcialmente com a visão instrumentalista de Millar e King; no entanto, pressupomos que os estudantes podem nos fornecer pistas do estado de articulação de seu entendimento quando solicitados a verbalizá-lo de maneira direta (AMANTES e BORGES, 2005).

Em nossa investigação, avaliamos o entendimento dos estudantes tanto nas declarações verbais, ao serem indagados diretamente sobre como concebiam os conceitos, como no desempenho em questões de solução de problemas específicos. Além disso, o entendimento também foi avaliado a partir das interpretações das discussões realizadas em grupos de atividades. Mais especificamente, avaliamos a parte declarativa do entendimento nas questões respondidas atribuindo níveis hierárquicos de complexidade às respostas fornecidas. Esses níveis foram diversificados para cada conteúdo das respostas, e representam a interpretação de uma parte do estado de entendimento dos estudantes no instante da medida.

De maneira geral, concebemos entendimento como uma perpétua construção (e reconstrução) realizada através de intercâmbios entre o sujeito e o objeto do conhecimento. Admitimos que há um progresso desse entendimento à medida que os conceitos são concebidos de maneira mais generalizada, a partir de novos elementos que são incorporados ao sistema cognitivo (PIAGET, 1976).

Consideramos que na realização de uma tarefa existe aprendizagem, uma vez que elementos inesperados desencadeiam reflexões sobre a prática e a própria concepção do conteúdo que, em virtude dessa reflexão, pode ser expandida ou alterada (SCHÖN, 1987).

Dentre as diferentes naturezas do entendimento, a habilidade em solucionar problemas envolvendo determinados conceitos é um forte indicador do estado de entendimento sobre esses conceitos. O entendimento pode ainda ser avaliado em termos de conceitualização, além do seu aspecto procedimental.

MODELOS RASCH

Para investigarmos o progresso no entendimento, optamos por utilizar ferramentas estatísticas de análise em conjunto com os procedimentos qualitativos. As respostas dos estudantes aos testes foram categorizadas de acordo com um sistema baseado nos conteúdos dos itens. Em seguida, as categorias foram transformadas em dados dicotômicos e analisadas em termos de escala intervalar. Fizemos um modelamento dos dados e utilizamos as estimativas estatísticas para analisar o progresso. A opção por esse tipo de

tratamento se deu em virtude do objetivo em se mensurar, de uma forma mais consistente e precisa, a evolução do entendimento dos estudantes ao estudarem os conteúdos da Unidade de Ensino.

Essa perspectiva não é nova na área de educação e psicologia. Pesquisas nessas áreas que adotam estatísticas para mensurarem e descreverem seus objetos têm se intensificado nos últimos anos. Dawson (2006) examina padrões de desenvolvimento na aquisição do conceito de energia em grupos de estudantes no nono período do curso de Física aplicando métodos de análise *Rasch*. Briggs (2004) avalia a evolução do entendimento de estudantes em três diferentes áreas: em termos do processo científico (relacionado a técnicas de laboratório), conteúdo científico e habilidades científicas. Sua pesquisa consiste em aplicação de pré testes, pós testes e testes intermediários, nos quais insere questões ou tarefas comuns para calibrar sua escala de medida. Reise *et al* (2007) aplica a Teoria de Resposta ao Item (IRT) para construção de escalas comportamentais. A IRT tem sido muito utilizada, tanto na psicologia como na educação, sendo o foco de muitos centros de estudos e programas computacionais desenvolvidos para mensuração de traços latentes⁵.

A busca por evidências de atributos cognitivos tem sido marcada pela utilização de métodos quantitativos e modelos cada vez mais complexos, formulados para abarcar o maior número possível de dimensões desses atributos.

⁵ Como o programa para Análise *Rasch* Multidimensional, desenvolvido pelo BEAR (Berkeley Evaluation & Assessment Research Center) e o “Computerized Adaptive Testing” (CAT), que se referem a testes baseados em banco de itens previamente validados e calibrados de acordo com a IRT.

A dificuldade na mensuração dos objetos da psicologia e educação está na sua natureza latente e na complexidade de sua estrutura. As variáveis observáveis não são evidências de processos cognitivos e fenômenos psicológicos; elas são manifestações de estados latentes, passíveis de serem interpretados quando adotamos uma teoria que relaciona essas variáveis manifestas às variáveis latentes, as quais queremos investigar.

Teorias estatísticas que consideram a dimensão latente da variável a ser mensurada envolvem procedimentos estatísticos que lidam com probabilidades. O objetivo é entender, não simplesmente explicar no senso estatístico, uma matriz de resposta (MEAD, 2008). Nesse sentido, a medida em si diz respeito a um processo de quantificação generalizado do objeto a ser investigado, levando em consideração sua complexidade. O processo de medida deve ser reproduzível e susceptível à análise. Reproduzível significa que observadores competentes usando os instrumentos apropriados irão obter medidas estatisticamente equivalentes. Susceptível a análise quer dizer que padrões estatísticos podem ser aplicados (MEAD, 2008).

As medidas na psicologia e educação geralmente estão associadas à identificação de mudanças. *“O objetivo do experimento em educação é induzir mudança, sempre avaliando o problema ao introduzir um tratamento ou intervenção de algum tipo”* (WALTER e ROST, 2006).

A modificabilidade de um atributo não pode ser interpretada como diferenças de escores, pois esses estão dispostos em uma escala ordinal. Por causa dessa natureza ordinal, a dificuldade do pré teste pode ser enviesada em relação ao ganho observado nos grupos em que o conhecimento inicial é diferente. Para computar o escore de ganho pela subtração do escore do pré

teste pelo do pos teste, uma escala intervalar de medida é necessária (WANG e CHYI-IN, 2004). A escala *Rasch* (1960) é reconhecida como tendo essa propriedade de medida intervalar⁶ e aplicada para medidas de mudança, pois para essa escala a mudança medida para a *performance (ability)* tem um significado constante tomando-se diferentes níveis iniciais, o que não ocorre para escores brutos.

Na medida psicológica e educacional, a evidência vem do objeto (por exemplo, pessoa) interagindo com o agente (por exemplo, item). Uma série de agentes compreende o instrumento (por exemplo, teste) (MEAD, 2008). O modelo *Rasch* se refere à suposição de que, para responder a um determinado agente, o sujeito mobiliza determinada habilidade, ou seja, um parâmetro próprio da pessoa. Então a probabilidade de que o sujeito acerte o item depende dessa habilidade e de um parâmetro do item, comumente denominado dificuldade do item. Esse modelo lida com os dados de forma fundamentalmente probabilística (FISCHER e MOLENAAR, 1995). O modelo de *Rasch* inicialmente considerou dados dicotômicos, mas depois foi generalizado para variáveis politômicas (ANDRICH, 1978).

De uma forma geral, os modelos da família *Rasch* se referem a uma matriz de dados composta por fatores de pessoas e itens. As entradas de tal matriz de dados são respostas x_{ni} de uma série de pessoas em uma série de itens. No caso mais simples, essas respostas de itens são dicotômicas; isso significa que elas distinguem somente uma resposta correta ($x_{ni}=1$) de uma

⁶ Em uma escala intervalar as diferenças entre os números igualmente espaçados possuem o mesmo significado. Em outras palavras, a diferença entre 20 e 30 é a mesma que 70 e 80. Entretanto, não se assume que uma unidade com escore 30 seja o dobro ou representa o dobro das características de uma unidade com escore 15. Se isso ocorrer, temos uma escala de razão. (WALTER e ROST, 2006), Tradução livre

incorreta ($x_{ni}=0$). Para calcular a probabilidade de uma resposta a um item, cada pessoa é caracterizada por um parâmetro de “habilidade” que não é necessariamente uma habilidade, mas um tipo de traço latente, e cada item é caracterizado por um parâmetro do item (WALTER e ROST, 2006):

$$P(x_{ni}) = \frac{\exp(x_{ni}(\theta_n - \beta_i))}{1 + \exp(\theta_n - \beta_i)}$$

Nessa equação, a probabilidade para a pessoa n responder o item i é uma função logística do parâmetro da pessoa θ_n e o parâmetro do item β_i , expressa também por:

$$\ln\left(\frac{P_{ni}}{1 - P_{ni}}\right) = \theta_n - \beta_i$$

Para um item essa relação é representada pela chamada curva característica do item, na qual é definida a probabilidade da resposta do item e a função do valor do parâmetro da pessoa. O modelo *Rasch* (RASCH 1960, 1980) assume somente um parâmetro por item, ou seja, um parâmetro de dificuldade, enquanto outros modelos IRT têm um segundo parâmetro como a discriminação, ou um terceiro, como o de acerto ao acaso.

O parâmetro do item β_i é definido como o ponto na escala de habilidade no qual a probabilidade de se ter uma resposta correta é de 0,5; ou seja, é o valor de θ correspondente ao ponto de máxima inclinação da Curva Característica do Item. Como o eixo x representa a dimensão latente, o parâmetro do item é definido na mesma escala e tem a mesma medida que os parâmetros das pessoas.

Uma das características mais importantes dos modelos *Rasch* é a separação dos parâmetros do item e da pessoa. Essa separação é uma propriedade denominada especificidade objetiva, e se refere ao fato de que os índices de dificuldade dos itens não dependem da amostra, assim como as habilidades estimadas para os sujeitos independem dos parâmetros dos itens.

O termo objetividade se refere ao fato de os modelos permitirem comparações entre itens sem referência às pessoas e comparações entre pessoas sem referência aos itens; especificidade é para distingui-los de todos os outros usos de objetividade, mas também para enfatizar que essa propriedade não é demonstrada uma vez para um teste e estendida para todas as situações.

Uma interpretação possível para o princípio da objetividade específica é: “*se o modelo é adequado, então uma seleção razoável de pessoas irá fornecer a mesma estimativa de comparação entre dois itens relevantes e qualquer seleção relevante de itens irá fornecer a mesma comparação entre qualquer duas pessoas apropriadas*” (MEAD, 2008).

A variância do item frente a sujeitos com mesmo parâmetro indica problemas no item (também chamado item *bias* – viés do item, ou *differential item functioning*- DIF- Funcionamento diferencial do item) (CHACHAMOVICH, 2007).

Outra propriedade dos modelos *Rasch* é a chamada *suficiência*, e se refere ao princípio de que a soma das respostas corretas de uma pessoa contém todas as informações necessárias para estimar o parâmetro dessa pessoa, assim como a soma das respostas corretas nos itens contém todas as

informações necessárias para estimar os parâmetros dos itens. Esses dois tipos de parâmetros - de pessoas e itens - são combinações aditivas, chamadas de propriedade de aditividade latente (WALTER e ROST, 2006).

Os problemas das pesquisas educacionais e psicológicas se referem a fenômenos em que múltiplos fatores influenciam para a aferição de uma resposta correta, ou seja, a probabilidade de acerto compreende múltiplas variáveis. Nessas áreas há o reconhecimento de que os atributos a serem mensurados são complexos, sendo necessário avaliar mais do que um parâmetro de forma simultânea. Uma maneira de lidar com essa característica é adotar modelos da família *Rasch* em que a questão de múltiplas variáveis é considerada.

A utilização de modelos em que diferentes variáveis são consideradas nos possibilita investigar a mudança de habilidade no tempo, um dos principais objetos de investigação na área de Educação. Nesse aspecto, os modelos permitem considerar mudanças no processo de ensino como fatores a parte, em que parâmetros específicos podem ser estimados. A forma mais intuitiva seria olhar a mudança do parâmetro das pessoas no tempo. Esses modelos são apresentados por Mislevy (1985) e Glas (1992).

Outra forma de olhar para a questão da mudança é apresentada por Fischer (1995), que formulou o problema como uma mudança na dificuldade do item ao invés de uma mudança nas habilidades das pessoas. Esse autor considera que a dificuldade de um item é expressa como a combinação linear de várias operações cognitivas. O modelo, denominado Modelo Logístico Linear de Teste (Linear Logistic Test Model - LLTM, FISCHER, 1973) propõe que se os mesmos itens são usados em um pré teste e em um pós teste, o

padrão de respostas de cada pessoa é considerado como tendo uma quantidade duas vezes maior de itens. O efeito da intervenção educacional é determinado por um parâmetro a mais a ser estimado (μ_j):

$$\ln\left(\frac{P_{nij}}{1 - P_{nij}}\right) = \theta_n - \beta_i + \mu_j$$

Em geral, esses modelos podem ser definidos como aqueles em que outros parâmetros, além da habilidade da pessoa e dificuldade do item, são considerados na estimativa da probabilidade de acerto. Eles se referem a uma estrutura estendida de dados. As respostas dos itens são obtidas ou acessadas por diferentes métodos. O principal objetivo é explicar $p(x_{ni})$, ou seja, a probabilidade de o escore x no item i medido pelo método j obtido por uma pessoa particular n ser igual a 1.

Uma forma adotada pelos autores Walter e Rost (2006) é definir o modelo *Rasch* (eles denominam esses modelos como Modelos Multi Métodos) como um conjunto de dados que fornecem um cubo de parâmetros: pessoas X itens X métodos⁷. A estimativa preserva a condição de aditividade latente e define a probabilidade da resposta da pessoa n no item i com método j como uma função logística aditiva de um parâmetro de pessoa θ_n , um parâmetro de item β_i e um parâmetro de método μ_j . O parâmetro do método μ_j contribui para um método específico e independente de j (ou seja, o principal efeito) para a probabilidade de resolver o item:

$$P(X_{nij} = 1) = \frac{\exp(\theta_n - \beta_i + \mu_j)}{1 + \exp(\theta_n - \beta_i + \mu_j)}$$

⁷ Os métodos correspondem a fatores como tempo, pertencimento a grupos específicos, etc.

A probabilidade de uma pessoa n fornecer a resposta correta ($X=1$ em dado dicotômico) ao item i , levando em consideração a variável j depende do parâmetro estimado para essa pessoa, θ_n , da dificuldade estimada para o item, β_i e do parâmetro da variável j , μ_j .

Essa equação é a mesma de Fischer (1973) para o modelo LLTM, que pode ser considerada como uma estrutura de modelo geral para definir qualquer modelo *Rasch* aditivo latente (BRIGGS, 2003).

Os atributos psicológicos e cognitivos, além de sofrerem influência de vários fatores, preservam também uma característica multidimensional. Isso quer dizer que, ao se estimar um traço latente dessa natureza, a medida incorpora de forma subjacente diferentes variáveis de interação.

Uma forma de acessar as múltiplas dimensões do traço latente é considerar os efeitos de interação entre os parâmetros. Os chamados modelos multidimensionais permitem estimar tais efeitos de interação. O potencial desses modelos tem sido reconhecido a alguns anos e tem sido muito considerado por trabalhos recentes no desenvolvimento de modelos de resposta ao item.

Em perspectiva mais ampla, a avaliação multidimensional fornece uma rica informação para pesquisadores e também para professores de sala de aula sobre a natureza do conhecimento dos estudantes (BRIGGS, 2003).

Embretson (1993) apresenta um modelo *Rasch* multidimensional para medir aprendizagem e mudança do estado latente. Uma estrutura simples foi postulada para relacionar respostas a itens com habilidades iniciais e uma ou mais modificabilidades (habilidades de aprendizagens). A modificabilidade

representa a mudança nos itens ou a mudança das pessoas entre duas ocasiões de medida.

De acordo com os modelos multidimensionais podemos obter, além dos três parâmetros principais (θ_n , β_i e μ_j), tantos parâmetros quanto forem as interações entre eles: interação entre métodos e itens, entre pessoas e métodos e entre itens e pessoas. Essa última, entretanto, contradiz o princípio *Rasch* que separa a influência das pessoas e itens no comportamento da resposta (WALTER e ROST, 2006).

Quando a habilidade em um instrumento tem uma interpretação multidimensional, existe a possibilidade de modelar as dimensões separadamente, embora não estejam necessariamente não correlatadas (BRIGGS, 2003).

O modelo que corresponde à interação entre itens e métodos designa a dupla indexação do parâmetro do item β_i em substituição do parâmetro do método μ_j . Isso indica que a dificuldade dos itens é estimada ou parametrizada de acordo com o método j (WALTER e ROST, 2006):

$$P(X_{nij} = 1) = \frac{\exp(\theta_n + \beta_{ij})}{1 + \exp(\theta_n + \beta_{ij})}$$

Mesmo com as interações entre itens e métodos, o modelo de interação é aditivo latente com respeito ao parâmetro da pessoa. Ou seja, esses modelos assumem somente um parâmetro de traço latente para todos os itens e métodos, conservando o caráter unidimensional da habilidade.

Outra forma de fazer análise multidimensional na perspectiva *Rasch* é considerar a interação entre métodos e pessoas. Esses modelos podem ser

formalizados da mesma maneira como os modelos de dificuldade, descritos anteriormente: pela introdução do parâmetro de habilidade duplamente indexado θ_{nj} (WALTER e ROST, 2006):

$$P(X_{nij} = 1) = \frac{\exp(\theta_{nj} + \beta_i)}{1 + \exp(\theta_{nj} + \beta_i)}$$

Onde θ_{nj} é o parâmetro de traço latente da pessoa n se o método (uma dimensão específica) j é usado. O teste de itens tem a mesma dificuldade independente do método aplicado, mas as pessoas respondem por significados de diferentes traços dependendo do método que está sendo usado.

Os modelos da família Rasch nos fornecem a possibilidade de trabalharmos com uma escala intervalar de medida e nos permitem considerar a característica multidimensional do objeto investigado, como é o caso na nossa pesquisa. Eles foram utilizados na análise para modelarmos os dados referentes às respostas aos itens dos testes de conhecimento.

4- INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Descrevemos nessa seção os instrumentos que utilizamos para investigar como evolui o entendimento dos estudantes do primeiro e terceiro anos em relação a conteúdos estudados em uma Unidade Temática.

Primeiramente, expomos o material que foi elaborado para ser aplicado como objeto de intervenção nas aulas de Física das duas séries. Em seguida, descrevemos os instrumentos de coleta de dados, que consistiram em atividades escritas dos estudantes e testes de conhecimento aplicados antes e após a intervenção.

UNIDADE TEMÁTICA

Avaliamos o progresso do entendimento a partir de dados obtidos pelo estudo de uma Unidade Temática, elaborada para o ensino de conteúdos referentes ao funcionamento da televisão. A intenção foi produzir um material que abordasse conteúdos de natureza científica e outros de natureza tecnológica, de uma maneira a integrar essas duas áreas do conhecimento.

Procuramos desenvolver um material que pudesse ser estudado igualmente por alunos de diferentes séries do Ensino Médio, incorporando conteúdos que de certa forma subtendem conhecimentos aprendidos em séries anteriores ou que podem ser acessados em diversos meios de comunicação. Assim sendo, os conteúdos e conceitos são reportados no material com uma abordagem geral, permitindo ao estudante aprendê-los como novidade ou aprofundar seu entendimento quando o assunto lhe é familiar.

O objetivo foi manter o foco no princípio de funcionamento da televisão, e não utilizar o aparato para explicar fenômenos físicos específicos. O funcionamento da Televisão foi abordado do ponto de vista dos aspectos tecnológicos e dos fenômenos físicos envolvidos no processo desde a captura da imagem e do som, passando pelo seu transporte até a recepção e reprodução dos sinais.

A escolha pelo tema e pelo tipo de abordagem se baseou na perspectiva de favorecer “*a aquisição de conhecimentos básicos, a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação*” (BRASIL, 1999). A Unidade incorpora elementos de diferentes áreas e campos do conhecimento, buscando integrar conteúdos de disciplinas diversas. A seguir, descrevemos a Unidade Temática em relação ao seu conteúdo, aos recursos que dispôs e à sua validação enquanto material de ensino.

CONTEÚDO

O conteúdo da Unidade contemplou diversos conteúdos da Física, assim como os de outras áreas.

A Biologia foi incorporada, por exemplo, na explicação da formação da imagem - há uma comparação entre olho humano e a câmera. Os elementos responsáveis pela formação, percepção e interpretação da imagem pelo cérebro humano foram estudados para entender como é feita a captura da imagem pela câmera e como essa imagem é transformada em sinal, interpretável por mecanismos tecnológicos. Alguns fenômenos da Química foram incorporados quando, por exemplo, a formação das diferentes cores pela

tela coberta de sais de fósforo foi estudada tendo como referência fenômenos atômicos que dão origem ao brilho.

Conteúdos específicos de Informática foram estudados quando o foco de atenção se voltou para a modulação dos sinais na forma digital. Nesse caso, conceitos como o de frequência e amplitude de onda foram retomados na perspectiva tecnológica, para entender o fenômeno de modulação. Conceitos como o de amostragem, quantização e codificação foram incorporados nas explicações sobre transmissão digital.

Apesar de conteúdos de outras disciplinas e também da Física terem sido estudados, o aprofundamento desses conteúdos não foi realizado, pois isso comprometeria o foco da Unidade.

Basicamente, o material foi dividido em duas partes:

1 - Percepção e Formação da Imagem e Som: Os conteúdos abordados se detiveram na forma como a imagem e o som são transformados em sinais elétricos, incorporando temas que são estudados em Biologia e Química. Essa parte foi estudada a partir de textos em apostila.

2 - Transmissão e Recepção dos Sinais: Os conteúdos foram relativos à transmissão e recepção dos sinais correspondentes à imagem e som. Foram incorporados temas em relação à tecnologia de transmissão e informática. Essa parte foi toda virtual, mas o estudante teve acesso a um texto para acompanhar as aulas.

Para atender ao objetivo de adequação a todas as séries do Ensino Médio, optamos por elaborar o texto com abordagem geral, inserindo os conceitos na medida em que eram necessários para apresentar um fenômeno

específico dentro do processo de funcionamento da TV. As definições formais não foram feitas no contexto geral da Unidade, sendo que algumas foram apresentadas em *slides* secundários.

RECURSOS

O material de ensino se constituiu em apostila, arquivo *PowerPoint* com o conteúdo de transmissão de sinais, *applet* e filme concedido pelo site www.mundodatv.com.br.

a) Apostila: conteve todo o conteúdo em textos explicativos e ilustrações. O conteúdo dos textos em parte foi reproduzido de materiais amplamente divulgados no meio acadêmico (livros paradidáticos e internet) e em parte foi elaborado pelos pesquisadores. A apostila foi distribuída para atuar como material de suporte às aulas, pois possuía somente textos e ilustrações, não sendo o foco do estudo.

b) Arquivo *PowerPoint*: esse arquivo conteve slides referentes à transmissão e recepção dos sinais. Foi constituído de vários *links* nos quais o estudante pôde aprofundar o entendimento em relação a conceitos específicos. O arquivo foi desenvolvido de forma que o estudante tivesse inúmeras alternativas e caminhos para estudar o processo. O arquivo principal se reporta ao processo geral, sem fornecer maiores detalhes. Os *links* desse arquivo levam a um aprofundamento de temas específicos, que os estudantes podem escolher a qualquer momento do estudo. Nos arquivos secundários também há outros *links* para detalhamento de um ou outro conteúdo. Dessa forma, o estudante tem acesso a uma rede de informações cujo caminho de estudo ele próprio conduz. A figura 05 mostra como os *slides* foram preparados.

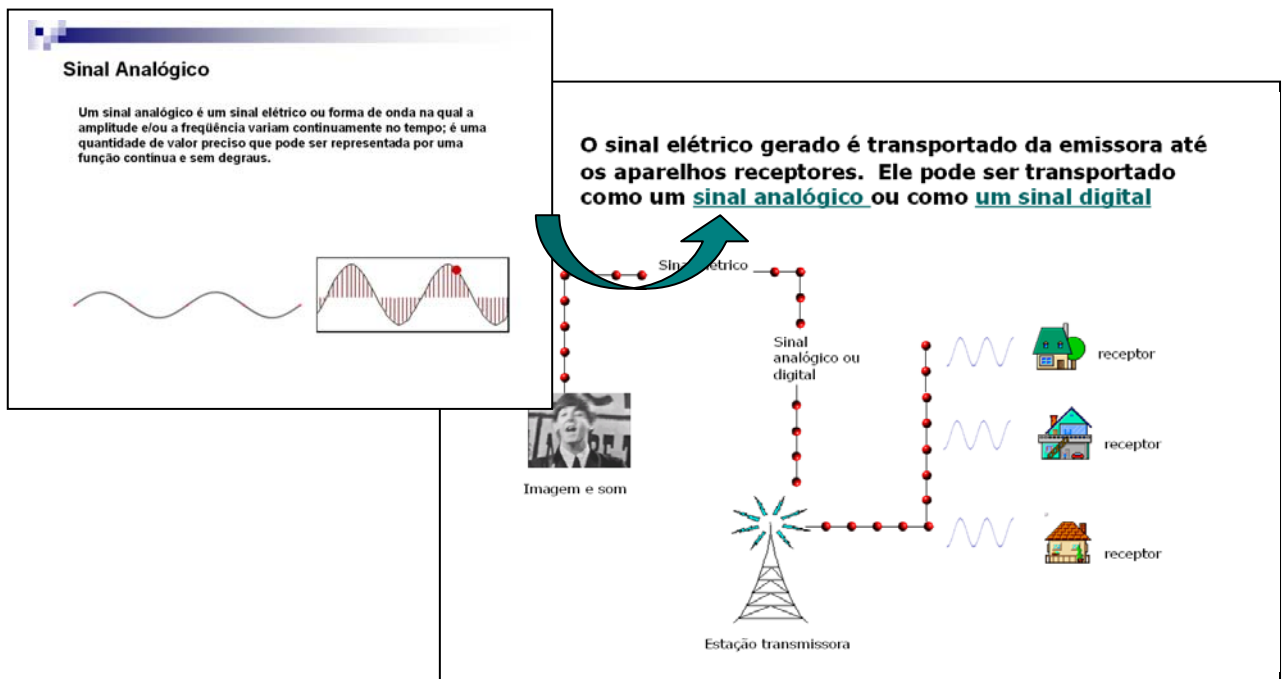


Figura 05: Slide com explicações sobre como um sinal é transportado. Os conceitos de sinal analógico e sinal digital podem ser aprofundados, pois são links para outros slides com maior detalhamento.

c) Animações utilizadas pelos professores: No estudo de uma parte da Unidade referente ao movimento das imagens na TV e das cores obtidas na tela, os professores utilizaram arquivos de *PowerPoint* e *applets* na condução das atividades. Os *slides* apresentados nessas aulas não foram de livre acesso aos alunos, pois foram elaborados a fim de se ter uma dinâmica diferenciada nas aulas. A dinâmica utilizada foi a apresentação dos *slides* com projetor multimídia, explicação do professor, discussão geral com a turma e realização das tarefas de lápis e papel. Os *slides* de movimento foram montados pelos pesquisadores. Perguntas específicas sobre cada *slide* foram feitas na medida em que foram apresentados. O professor mudava o tempo das imagens e transição, discutindo a questão da percepção do movimento e fazendo associação com a transição de imagens estáticas na TV. A figura 06 mostra como um dos *slides* de movimento foi elaborado.

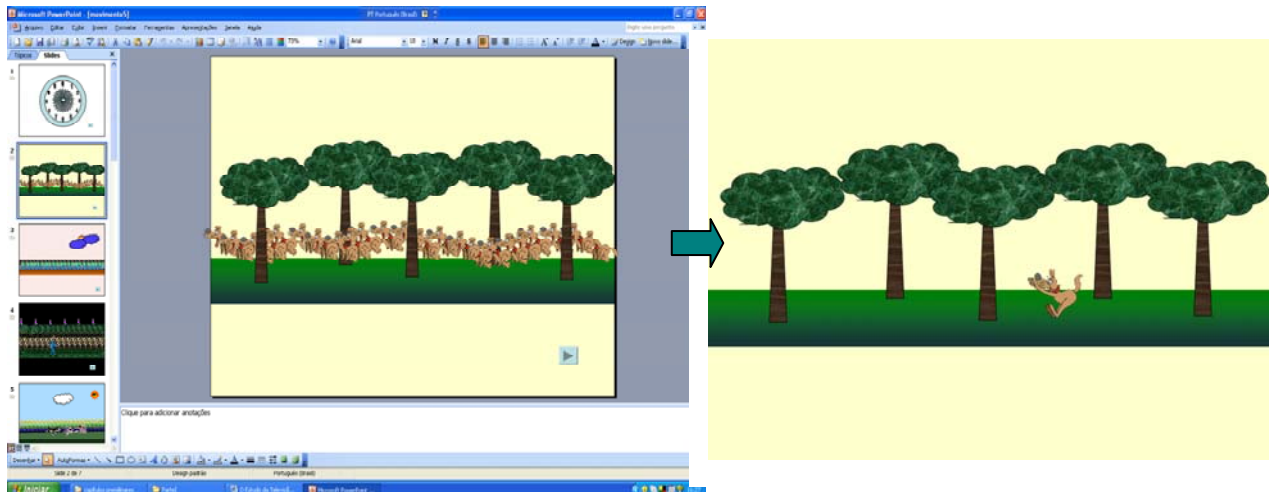


Figura 06: Para a montagem do slide foram utilizadas várias figuras estáticas. A mudança no tempo de aparecimento das figuras gera a percepção do movimento.

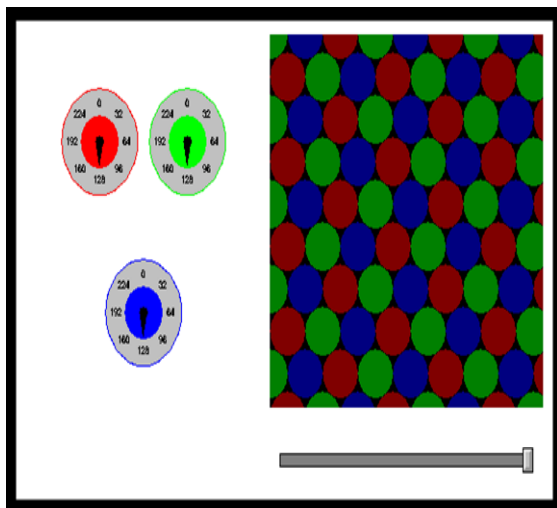


Fig. 07 As cores de luz primárias podem ser alteradas para formação de muitas outras cores.

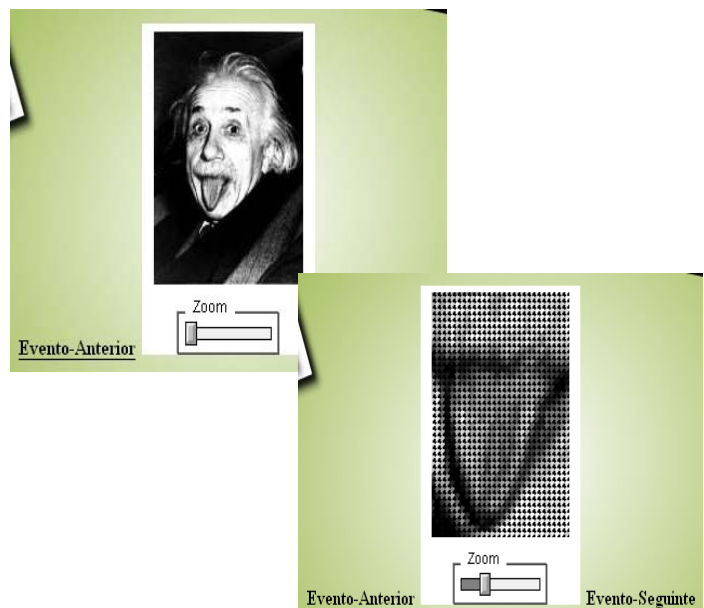


Fig. 08 A intensidade dos pontos para formação da imagem pode ser vista aumentando a imagem muitas vezes.

Os *applets* utilizados para a discussão da obtenção de cores na tela foram acessados pelo site <http://www.colorado.edu/physics/2000/index.pl>. Eles permitem ao usuário variar fatores para mudar a percepção das cores e intensidade dos pontos. Dependendo do *applet*, pode-se verificar a variação de cores primárias para formação de todas as cores de luz e a variação de

intensidade de pontos para formação das imagens. Esse *applet* foi associado à formação de imagens P&B e coloridas na tela da TV. As figuras 07 e 08 mostram alguns desses *slides*.

c) Applet estudado pelos alunos: No arquivo de *PowerPoint* sobre a transmissão e recepção de sinais foi inserido um *applet* interativo sobre a transmissão de ondas (figura 09). Nesse *applet* os estudantes podiam alterar grandezas físicas para verificar, de diferentes formas, a propagação dos sinais. O *applet* pode ser acessado pelo site <http://phet.colorado.edu/new/index.php>.

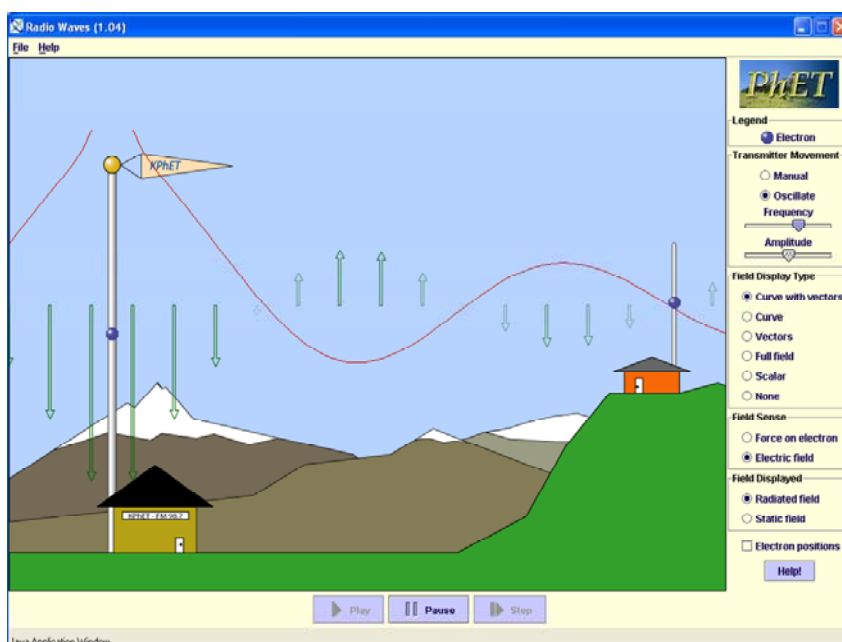


Figura 09: Applet interativo que mostra a transmissão e recepção de sinais por ondas eletromagnéticas.

d) Desenho animado: Ainda no arquivo de transmissão os estudantes tiveram acesso a um desenho animado sobre o processo global de geração, transmissão e recepção de imagens e sons pela TV. Tal recurso foi cedido pelo site www.mundodatv.com.br.

e) Outros Materiais: A aplicação da Unidade foi realizada pelos próprios professores da disciplina e, portanto, foi diferenciada para cada turma. Os

professores complementaram o material e o utilizaram de forma flexível, incluindo nas aulas outras dinâmicas. Instrumentos como a câmera escura e a caixa de luzes coloridas foram utilizados para demonstrar a formação da imagem e para discussão de cores.

VALIDAÇÃO

A Unidade de Ensino passou por várias reelaborações em decorrência principalmente do nosso objetivo de produzir um material passível de ser compreendido por todas as séries do Ensino Médio e ainda contemplar o critério da abordagem diferenciada da usual para conteúdos científicos e tecnológicos.

Submetemos o material à apreciação de juízes, antes que fosse empregado para estudo. A intenção foi obter críticas sobre o material em relação à sua adequação aos objetivos a que se propôs e uma avaliação do conteúdo teórico. O material foi distribuído a cinco professores de Física, três professores de Biologia, um professor de Engenharia e um professor de Química.

Fornecemos instruções para esses professores avaliarem o material escrito e o virtual. Essas instruções estabeleceram critérios para que fossem avaliadas a relevância e exatidão do conteúdo, bem como sua adequação enquanto material didático para o estudo de fenômenos diversificados.

Alguns dos juízes fizeram considerações mais detalhadas a respeito não só do conteúdo, mas também da abordagem e do próprio material enquanto instrumento de intervenção e de pesquisa. Em alguns casos houve discussões para esclarecimento das avaliações.

Sugestões de diferentes naturezas foram feitas. Algumas foram acatadas na íntegra, outras serviram de ponto para reflexão e reelaboração do material. Não faremos uma descrição detalhada dos julgamentos, apesar de terem sido importantes para a condução da pesquisa. Isso demandaria tempo e espaço consideráveis.

De forma geral os juízes apontaram para a reestruturação de frases e de composição do conteúdo, sempre com referência a uma maior clareza na forma de expor os conceitos. Apontaram para a inviabilidade de determinadas atividades e sugeriram alteração de outras para otimização do estudo. Dessa maneira, a contribuição dos juízes foi de grande valia, pois eles ajudaram não só na reelaboração do material teórico, mas também das atividades e das questões dos testes de conhecimento, tornando o material mais consistente.

Podemos dizer que os objetivos da Unidade Temática desenvolvida, incluindo todos os seus componentes, foram : i) fornecer uma visão ampla dos processos de formação, transformação, transmissão e recepção de sinais correspondentes ao som e imagem da TV, dentro da perspectiva de formação geral e interdisciplinar dos PCNs; ii) possibilitar aos estudantes a oportunidade de um novo contato com conteúdos já estudados, em meio ao contexto tecnológico e iii) promover o estudo de novos conceitos, com uma abordagem diferenciada.

A Unidade Temática (Virtual e Escrita), as atividades dos estudantes e o material de validação dos professores estão no CD que acompanha esse relato.

INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

O estudo da Unidade foi conduzido com a orientação de atividades elaboradas com o foco no ensino. Em cada aula tarefas específicas deveriam ser cumpridas, de acordo com o tema em pauta.

As tarefas foram de diferentes naturezas. Algumas consistiram em atividades de lápis e papel, que deveriam ser entregues ao professor. Essas atividades, além de serem parte integrante do estudo da Unidade, se tornaram instrumento de coleta de dados da pesquisa. Também fazem parte do conjunto de dados testes de conhecimento aplicados antes e após o estudo, além de gravações feitas em áudio das discussões dos grupos de atividades.

Nessa seção nos deteremos na descrição das atividades escritas e nos testes de conhecimento. As gravações serão detalhadas no capítulo sobre a coleta dos dados.

ATIVIDADES ESCRITAS

As atividades escritas foram de diferentes naturezas no decorrer da intervenção. Todas elas tiveram um caráter discursivo: apresentavam questões que os alunos deveriam responder fazendo descrições, explicações ou explicitando seu entendimento.

As indagações das atividades não se reportavam diretamente às descrições feitas no material de ensino. Como eram direcionadas ao entendimento sobre o conteúdo, a maioria delas foi elaborada com o intuito de provocar algum tipo de reflexão e instigar o estudante a responder baseado no seu entendimento, ao invés de estimular a consulta do material escrito para responder corretamente.

Algumas atividades eram quadros, nos quais o estudante deveria escrever seu entendimento sobre determinados conceitos e sobre alguns processos explicitados em desenho ou situação proposta. Outras atividades foram realizadas com a explicação simultânea do professor, que utilizou o recurso multimídia na condução da aula. Nesse tipo de aula, as atividades foram perguntas direcionadas aos slides mostrados e às discussões realizadas pelo professor.

Quando a dinâmica da aula foi mudada para tarefas de exploração do computador, as atividades contiveram questões gerais que serviram como orientação para que os estudantes estudassem um tema específico. Embora trabalhassem com o arquivo livremente (todo o conteúdo foi de livre acesso em todos os momentos), os estudantes tiveram questões e tarefas bem definidas em cada aula, correspondentes a conceitos específicos que deveriam estudar em um dado momento.

Incluem-se na segunda parte atividades como jogo para simular a transmissão digital, *applet* que simula a transmissão por ondas eletromagnéticas a partir de cargas elétricas aceleradas e filme sobre a formação da imagem, sua transformação em corrente, transmissão, recepção pelas antenas dos aparelhos de TV e reprodução do sinal na tela. Todas elas seguidas de questões para serem respondidas e entregues ao professor.

As questões das atividades foram de caráter puramente didático. Não nos preocupamos, no instante da elaboração, em desenvolver perguntas específicas para a pesquisa: todas as tarefas tiveram o foco na aprendizagem dos conteúdos.

Obtivemos dados de todos os estudantes, apesar das tarefas terem sido desenvolvidas em grupo. As atividades foram avaliadas por alguns professores, e depois feitas fotocópias para o banco de dados da pesquisa. Ao final, foram devolvidas aos alunos.

TESTES DE CONHECIMENTO

Os testes de conhecimento consistiram em questionário aplicado em dois momentos: antes e após o estudo da Unidade Temática. O mesmo teste foi aplicado nas duas ocasiões.

O questionário conteve três questões abertas sobre o funcionamento da TV e trinta e uma questões de verdadeiro e falso, divididas em duas partes: a primeira foram questões relacionadas a conteúdos típicos de Física e a segunda parte a conteúdos sobre o funcionamento da TV de forma geral.

As questões abertas tiveram um caráter mais amplo, permitindo vários tipos de respostas. Elas deram margem aos estudantes para expor seu entendimento sobre vários assuntos, porque eram indagações diretas sobre o entendimento em relação ao funcionamento da TV, do ponto de vista tecnológico e dos fenômenos físicos envolvidos. Tiveram como foco também as diferenças entre TV de plasma e a de tubo de raios catódicos e entre as TVs digital e analógica.

Ao apresentarem um caráter mais geral, as questões abertas tornam possível uma gama de respostas muito diversificada. Elas permitiram que o estudante desse enfoques diferentes ao expor seu entendimento, se referindo a diferentes conteúdos que podiam igualmente serem considerados como corretos. Dessa forma, ao mesmo tempo em que elas permitiram identificar o

foco de atenção e o entendimento do estudante enquanto uma concepção geral do funcionamento da TV, elas não apresentaram uma resposta típica a partir da qual pudemos avaliar em escala de exatidão todas as respostas.

Para lidar com essas questões em termos de análise, fizemos uma categorização de acordo com os vários conteúdos possíveis de serem encontrados nas respostas e ainda atribuímos níveis de exatidão de acordo com a complexidade que esses conteúdos foram explicitados. Esse tipo de categorização é relatado no capítulo de métodos.

A primeira parte das questões de verdadeiro e falso contou com onze itens referentes ao conceito de ondas, explorado em diferentes aspectos. A intenção foi a de obter indícios do estado de articulação do entendimento sobre esse conceito. A segunda parte desse tipo de questão conteve vinte itens sobre conteúdos diversos.

Em todas as questões, tanto nas abertas como nas de falso e verdadeiro, tivemos um indicador da segurança dos estudantes em relação à resposta por eles fornecida. Em todas, o estudante marcou seu estado de segurança de acordo com a instrução: *“Se você tiver muita segurança de que sua resposta está correta, marque em muito seguro. Se você tiver certa segurança, mas ainda tem algumas dúvidas em relação à retidão da resposta, marque seguro. Se não souber avaliar a confiabilidade que você tem em sua resposta, marque neutro. Se estiver inseguro sobre o quanto sua resposta está correta, marque em inseguro e, finalmente, se não tiver confiança na retidão do que respondeu, marque em muito inseguro.”* Estes indicadores podem ser usados para avaliar a capacidade metacognitiva dos estudantes. No entanto,

devido a uma severa limitação de tempo para análise e uma data fatal para terminar esta tese, não apresentaremos nenhuma análise destes dados.

Os testes de conhecimento foram aplicados em uma única aula, antes do estudo da Unidade e logo depois. Não houve espaço de tempo entre o estudo e a aplicação dos testes. No Anexo 02 apresentamos o teste de conhecimento.

5- COLETA DE DADOS

Descrevemos nesse capítulo como nossos dados foram coletados. Para tanto, expomos a aplicação da Unidade, realizada para o primeiro e terceiro anos. Relatamos como foi o estudo, procurando descrever a dinâmica geral das aulas.

Além da aplicação da Unidade, fazemos uma descrição da coleta dos dados em termos dos instrumentos utilizados: esclarecemos como foram as gravações das aulas e como foram registrados os dados escritos.

ESTUDO DA UNIDADE

Os professores responsáveis pelas turmas de Física do primeiro e terceiro anos da instituição onde realizamos a pesquisa foram consultados e convidados a alterarem sua programação normal para a disciplina. Essa alteração compreendia abrir espaço para a inserção de uma Unidade de Ensino que, embora contivesse conteúdos de Física, não correspondiam ao que usualmente eles ensinavam no momento em que a intervenção foi proposta.

O material já elaborado foi submetido à apreciação dos coordenadores e, depois da concordância desses, foi apresentado aos professores. Os professores foram esclarecidos de que a intervenção seria realizada por eles e, embora a pesquisadora fosse estar presente nos momentos de estudo, ela não seria a responsável pela condução das aulas.

De posse do material, os professores tiveram liberdade para planejarem as aulas e discutirem com a pesquisadora. Cada professor pôde alterar a

seqüência de atividades, eliminar as que não correspondiam ao seu planejamento ou inserir outras atividades sobre o assunto. Dessa forma, mesmo que o conteúdo estudado tenha sido igual para todos os estudantes, os enfoques não foram essencialmente os mesmos. O material elaborado permitiu certa flexibilidade na abordagem, mas também restringiu o que seria estudado aos processos inerentes ao funcionamento da TV.

Tanto no primeiro como no terceiro ano os estudantes trabalharam em grupos de atividades. O agrupamento foi feito entre os próprios estudantes, sendo mantido durante todo o estudo. Os grupos variaram entre 3 e 7 componentes, dependendo da turma. Para cada grupo havia disponível um computador.

As aulas ministradas no primeiro ano totalizaram em 13, e as do terceiro ano em 12. As discussões entre os grupos foram gravadas em arquivos digitais. A primeira aula e a última foram destinadas à resolução do pré e do pós teste. As atividades realizadas e a dinâmica da aula foram registradas pela pesquisadora, para cada turma.

O material foi estudado no primeiro momento pelos alunos do terceiro ano, de forma simultânea para todas os estudantes dessa série. A intervenção começou logo após as avaliações do primeiro trimestre, iniciando o segundo trimestre com o estudo da Unidade. As aulas de Física dessa série são diferenciadas das outras em relação à forma de estudo dos conteúdos: em cada aula um tema específico é iniciado e encerrado. Os estudantes estão, dessa maneira, familiarizados com uma dinâmica em que não há continuidade do conteúdo de uma aula para outra.

Para essa série, houve avaliação formal das atividades da Unidade. Os professores corrigiram e atribuíram nota aos questionários respondidos em sala, entregues ao final de cada aula. O conteúdo foi ainda avaliado na prova final do trimestre, bem como nas provas intermediárias.

As turmas do primeiro ano estudaram o material no meio do segundo trimestre, antes do recesso do meio do ano. Apesar de haver contato com temas diversificados dos que usualmente são ensinados nessa série (devido ao currículo recursivo da disciplina de Física), a dinâmica das aulas não incorpora o caráter de descontinuidade para os conteúdos, como é feito no terceiro ano. Em duas turmas dessa série a condução das aulas foi realizada por estagiários com a presença da pesquisadora.

As atividades não foram avaliadas da mesma forma do terceiro ano. Os professores do primeiro ano avaliaram o engajamento enquanto quantidade de atividades entregues, mas somente em termos gerais, sem que as respostas fossem corrigidas.

Nas duas séries a dinâmica da aula foi semelhante em alguns aspectos. A Unidade de Ensino foi aplicada pelos professores da disciplina de Física nas aulas regulares, teóricas e de laboratório (que não foram assim discriminadas). Elas ocorreram nas salas de laboratório do departamento de Física, que são equipadas com computadores em cada mesa de atividade.

Em ambas as séries a primeira parte da Unidade foi estudada na apostila, com algumas apresentações feitas pelo professor em projetor multimídia. Os alunos tinham que responder questões referentes às demonstrações do professor ou ao material impresso, bem como fazer

atividades sem consulta, em relação ao seu entendimento geral. Essas últimas geralmente faziam parte da primeira tarefa da aula, e tinham o objetivo de relembrar o conteúdo já estudado.

A segunda parte foi a exploração do programa pelos grupos, sempre orientados pelas atividades do dia, que geralmente eram recolhidas ao final da aula pelo professor. Nesse estudo, o grupo teve livre acesso ao arquivo e explorou o conteúdo conforme sua necessidade em aprofundar o entendimento em um ou outro assunto. Embora a exploração tenha acontecido em grupo, as atividades entregues foram individuais.

Cada turma teve uma dinâmica diferente de estudo, especificada pelas observações gerais⁸ da pesquisadora, registradas em caderno de bordo. Geralmente, o professor fazia uma breve exposição do assunto da aula, uma vez que o foco da escola não é na aula expositiva. Em seguida, explicava como seriam feitas as tarefas e solicitava aos grupos iniciarem as atividades e discussões. Durante todo o tempo, dava suporte aos grupos, seja explicando o conteúdo, seja explicitando melhor as tarefas.

Alguns aparatos eventualmente foram utilizados por alguns professores para ilustrarem certos fenômenos. Entretanto, esses aparatos não foram sugeridos na Unidade, e cada professor teve a liberdade de trazê-los e utilizá-los em sala de acordo com seu julgamento e conveniência. Em algumas aulas houve participação da pesquisadora na condução, mas tal participação foi restrita e aconteceu quando solicitada pelos próprios professores.

⁸ As observações gerais, bem como a descrição das dinâmicas são relatadas nos mapas de episódio de cada aula, utilizados para análise do contexto.

GRAVAÇÃO DOS GRUPOS DE ATIVIDADES

Durante todo o período de estudo da Unidade Temática foram utilizados gravadores MP3 para obter dados na forma de áudio. Uma vez permitido por todos os componentes dos grupos de atividade, o gravador foi colocado na mesa para registrar tanto a exposição do professor como as discussões que o grupo fez durante a realização das tarefas.

Sete grupos em toda a amostra não permitiram a gravação das discussões. Como obtivemos um total de cinquenta e nove grupos gravados, a amostra da população pesquisada foi representativa e esse fato não comprometeu nossa análise. O Quadro 01 mostra a relação de grupos.

Primeiro Ano			Terceiro Ano		
<i>Turma</i>	<i>Número de Grupos Gravados</i>	<i>Número de Grupos não gravados</i>	<i>Turma</i>	<i>Número de Grupos Gravados</i>	<i>Número de Grupos não gravados</i>
1	6		1	6	
2	6		2	5	
3	5		3	4	2
4	7		4	3	3
5	4	1	5	7	1
6	6				
Total	34	1	Total	25	6

Quadro 01- Grupos Gravados e Não Gravados em cada turma pesquisada

Para cada aula gravamos aproximadamente quarenta e cinco minutos das discussões e atividades dos grupos (cinco a sete grupos). Dessa forma, uma única aula foi gravada de cinco a sete perspectivas diferentes: na composição de cada aula utilizamos dados de, em média, duzentos e setenta minutos.

As aulas ministradas totalizaram doze, sendo que em duas não houve gravação uma vez que os testes de conhecimento foram aplicados. Algumas aulas também não foram gravadas para determinadas turmas em virtude da falta de instrumento, da ausência da pesquisadora, ou não realização de algumas aulas em função de outras atividades da Escola. Esses casos, entretanto, ocorreram em poucas ocasiões, sendo a grande maioria das aulas registradas em arquivo de áudio.

Obtivemos ao todo em torno de quarenta horas de gravação para cada turma. Tendo conduzido a pesquisa em seis turmas do primeiro ano e cinco do terceiro, obtivemos no total cerca de quatrocentas e quarenta horas gravadas de discussões dos grupos de atividades.

Algumas gravações apresentaram ruídos durante um período de tempo considerável, impedindo a descrição do que foi gravado. Outras foram muito sucintas, indicando que o aparelho fora desligado.

Não fizemos transcrições completas das gravações. Optamos por registrar demarcações de episódios relevantes para nossa investigação ao ouvi-las. As expressões importantes foram transcritas de forma sucinta e indicadas pelo tempo, turma e número da aula ministrada, o que permite identificar qualquer trecho demarcado. Isso foi feito em planilha *Excel*, o que originou a elaboração de Mapas de Episódios. Esses foram basicamente indicações dos trechos das gravações em que houve discussão sobre o conteúdo ou sobre a Unidade. Neles também são relatadas as atividades das aulas, como foi a condução do professor e o engajamento de cada grupo em especial. Há expressões dos alunos de acordo com o critério de conteúdo ou o

critério de qualidade da Unidade. Uma descrição mais detalhada sobre os mapas de episódio é realizada no capítulo seguinte.

PRÉ TESTE E PÓS TESTE

Em nossa investigação analisamos os dados escritos registrados nos testes de conhecimento, que foram aplicados antes e após o estudo da Unidade.

O pré teste foi aplicado pelos professores da disciplina de Física em duas aulas de 50 minutos, geminadas para as duas séries. Os estudantes não tiveram material de consulta, eles responderam as questões somente com o entendimento que já tinham sobre os conteúdos.

Para esse teste tivemos uma relativa porcentagem de respostas em branco, demonstrando que a maioria dos alunos não tinha conhecimento sobre o que se estava perguntando ou estavam muito inseguros para responderem.

As questões dessa natureza geralmente se referiram ao entendimento sobre aspectos de funcionamento da televisão.

O pós teste foi igualmente aplicado pelos professores em duas aulas de 50 minutos, também geminadas para as duas séries. Também não houve consulta para resolução das questões. Nesse teste o índice de questões não respondidas diminuiu significativamente e, apesar de muitos estudantes não terem marcado alto valor para o nível de segurança, não deixaram de expressar seu entendimento.

Esses testes não foram avaliados por nenhum professor, seja do primeiro ou terceiro ano. Eles foram respondidos nas duas aulas sem intervalo e entregues no mesmo dia. Fotocópias foram feitas desse material e eles foram entregues novamente para os estudantes, pois serviriam de suporte para preparo para as avaliações (no caso do terceiro ano).

6- MÉTODOS DE ANÁLISE

Nesse capítulo iremos expor as metodologias utilizadas para analisar nossos dados. Uma vez que obtivemos dados de naturezas distintas, também foram diferentes as análises empregadas para identificação do progresso no entendimento.

Os testes de conhecimento subtendem duas análises: a dos itens e a das respostas dadas às questões. Em cada uma dessas análises há métodos qualitativos e quantitativos. A análise das gravações foi feita empregando-se somente método qualitativo. A seguir, descrevemos o tipo de método empregado para cada dado.

GRAVAÇÕES EM ÁUDIO E CADERNO DE BORDO

Para cada grupo de atividade, houve gravação das discussões realizadas durante as aulas. Essas gravações foram analisadas a partir da escuta e demarcação de episódios. Como a pesquisadora estava presente durante o estudo, as aulas foram registradas em caderno de bordo, o que possibilitou uma perspectiva mais acurada das seqüências de estudo. A escuta das gravações juntamente com as observações do caderno de bordo foram utilizadas para construir mapas de episódios.

Os episódios foram demarcados segundo duas perspectivas:

- particularidades em relação ao conteúdo e
- particularidades em relação à Unidade.

As “*particularidades em relação ao conteúdo*” dizem respeito a episódios onde foram registradas discussões sobre os conteúdos estudados e conteúdos diversos relacionados ao tema da Unidade. Essas demarcações representam em geral trechos em que houve discussão sistemática de conteúdos de qualquer domínio de conhecimento, mas que estavam relacionados aos conteúdos estudados. Dessa forma, fazem parte desses episódios tanto discussões dos conceitos e conteúdos abordados nas atividades e tarefas realizadas como também discussões que incorporam elementos que vão além do conteúdo da Unidade, mas que surgiram a partir do processo de estudo.

Na parte de “*particularidades em relação à Unidade*”, demarcamos episódios nos quais descrevemos as impressões dos estudantes em relação ao material. Esses episódios retratam como os alunos do primeiro e terceiro anos lidaram com a abordagem e com as tarefas realizadas. Os trechos nos quais identificamos expressões desse tipo foram mais restritos em relação aos trechos onde houve discussão do conteúdo. Por isso, em uma única aula, às vezes obtivemos apenas uma seqüência dessa natureza.

Além de registrar episódios relevantes para a pesquisa, as gravações nos permitiram traçar o perfil de engajamento de cada grupo em cada aula. Descrevemos como o grupo se comportou como unidade na execução das tarefas de cada tema: mudamos o foco de atenção para identificar as interações entre os componentes, entre os componentes e o professor e a integração com o material estudado.

Observações das aulas ministradas foram feitas pela pesquisadora, que tomou nota das seqüências de estudo, das ações do professor e da dinâmica geral da aula. Esse dado foi fundamental para que tivéssemos uma visão geral

da ordem cronológica dos acontecimentos, pois as gravações se mostraram muito diferentes de um grupo para outro.

As observações do caderno de bordo, a descrição dos grupos de atividades e as demarcações de episódio foram utilizados para construir o que denominamos de *Mapas de Episódio*. Para cada aula foi construído um mapa, onde estão especificados os três tipos de dados: i) as expressões dos alunos de acordo com o critério de conteúdo e o critério de qualidade da Unidade; ii) os perfis de cada grupo e iii) as observações gerais, que explicitam os eventos mais significativos bem como a dinâmica geral de condução do professor.

O Quadro 02 é um exemplo de Mapa de Episódio. Ele se refere a uma aula específica do terceiro ano.

Turma X				
OBSERVAÇÕES GERAIS	PARTICULARIDADES EM RELAÇÃO AO CONTEÚDO		PARTICULARIDADES EM RELAÇÃO À UNIDADE	
<p>A professora explica o conteúdo sobre cores, reflexão, faz associação com o olho humano. Como a aula inicia com metade da turma, é interrompida por alunos que voltam da outra metade. Aos um breve tumulto, a aula é retomada e a pesquisadora que começa a explicar a questão das cores e faz associação entre as cores e a forma como são vistas pelos olhos humanos; fala sobre ondas eletromagnéticas, frequência e elementos associados à luz. Há silêncio na turma, os alunos prestam atenção e há engajamento para responder as questões colocadas pela pesquisadora. Aham interessante os slides de cores. A pesquisadora explica a questão do movimento, mostrando os slides e fazendo associação entre a televisão e o cinema. Depois dessa explicação, os alunos iniciam a tarefa de responder as questões relativas a cores; nesse momento há muita agitação na turma. A pesquisadora retoma a explicação, levantando a questão das cores novamente. Há silêncio e atenção à explicação. Há intervenção da turma, muito boa e discussão. A turma interage muito bem com os slides, acham interessante e fazem perguntas. A professora explica algumas passagens em colaboração com a pesquisadora.</p> <p>Grupo1aula2 O grupo faz silêncio durante as explicações exposição do conteúdo, mas não participa das discussões gerais durante esse momento. Há muito ruído na gravação no momento das atividades. O grupo parece engajado, discutindo com a professora algumas questões, mas como a gravação está com muito ruído, não há como identificar exatamente as falas.</p> <p>Grupo6aulalab O grupo inicia a atividade com pouco engajamento, lendo a apostila para responder as questões. Depois de um momento, começam a fazer discussões boas, sobre cores e sobre movimento. Perguntam à professora e fazem intervenção e perguntas à pesquisadora no momento da exposição dos slides e explicação. Se dispersam pouco, e acabam por se engajar muito nas tarefas. Fazem comentários durante a exposição dos slides sobre o conteúdo; acham interessante os slides e se surpreendem. Brincam com o mp3 no final da gravação.</p> <p>Grupo7aulalab O grupo é disperso; conversam de outros assuntos e em alguns momentos de discussão do conteúdo, acabam estendendo para outros domínios. Entretanto, fazem algumas boas considerações, apesar de acharem as questões banais (e responderem erroneamente a muitas delas). Se interessam pela explicação da professora, conversam sobre os conteúdos explicados durante a explicação; nesse momento, se engajam na aula. Aham muito interessante os slides de cor.... acham legal e se engajam na discussão.</p> <p>gupo2aula3 O grupo presta bastante atenção à explicação da pesquisadora sobre cores; responde as questões colocadas. Parece que o grupo se interessa pela explicação. Há ruído na gravação no momento de execução da tarefa. Em momento um aluno fala para a pesquisadora sobre o documentário que assistiu sobre "ver em quadros". O grupo se dispersa em poucos momentos, falando sobre outros assuntos. Fazem perguntas durante a exposição do conteúdo e discutem. Aham surpreendente os slides sobre cores.</p>	Discutem o que é o branco, e como enxergamos as cores. Fazem isso com a professora (há muito ruído)	Grupo1aula2 (31:00 a 42:00)	Nossa, que legal! (sobre os slides de cores)	Grupo1aula2 (1:05:05)
	"Acho isso aqui super interessante: toda cor é uma interpretação...."	Grupo6aulalab (7:42)	Vamos fazer igual na escolinha, que cada um lê um parágrafo???	Grupo6aulalab (7:05)
	Fazem a leitura sem muito engajamento (com alguns comentários) do texto da apostila	Grupo6aulalab (9:00 a 13:00) (14:00 a 17:00)	Discutem como fazer a atividade- lêem, se dispersam..	Grupo6aulalab (8:10)
	A pesquisadora explica a relação de frequência com as cores	Grupo6aulalab (17:10)	... então a 2 está errada (de acordo com a explicação da pesquisadora)	Grupo6aulalab (30:00)
	Discutem a cor dos objetos de acordo com a luz que nele incide (MUITO BOM)	Grupo6aulalab (18:00 A (19:00)	Que bonitinho... (os slides de movimento)	Grupo6aulalab (42:10)
	Fazem um comentário de acordo com a explicação da professora.	Grupo6aulalab (29:00)	Que doido! Que legal isso...	Grupo6aulalab (45:20)
	Fazem pergunta em relação ao objeto preto	Grupo6aulalab (31:18)	Será que a gente não pode ouvir isso não????	Grupo6aulalab (46:18)
	Então o que está refletindo o preto?????	Grupo6aulalab (32:25)	Ah.... (se surpreendem positivamente com os slides)	Grupo6aulalab (47:10)
	Fala do buraco negro	Grupo6aulalab (33:00)	Falam, sem reclamar, do tanto de exercício com a professora	Grupo7aulalab (00:40)
	Por que o seu preto não pode ser o meu vermelho???	Grupo6aulalab (33:45)	Reclamam das atividades e das questões	Grupo7aulalab (15:28)
	Pergunta para a pesquisadora sobre como é formada a TV.	Grupo6aulalab (35:50)	Vcs não estudaram isso??? Começam a falar de matérias por série.	Grupo7aulalab (16:27)
	Discutem respostas das atividades em relação às cores, como se as perguntas fossem óbvias (BOM)	Grupo7aulalab (15:45)	Que legal!!!! Que bacana.. isso ai é como a gente cria cor no computador! Nossa, muito bacana	Grupo7aulalab (33:56)
	Falam sobre buraco Negro (BOM)	Grupo7aulalab (30:15)	Que legal isso!!!! (de movimentos)	Grupo7aulalab (43:30)
	Falam novamente sobre o buraco negro, durante a explicação da pesquisadora (BOM)	Grupo7aulalab (32:35)		
	Faz um comentário e pergunta sobre o LCD e o link com o computador (BOM)	Grupo7aulalab (36:52)		
	O grupo discute com a pesquisadora a questão das cores.	gupo2aula3 (43:12)		
	O aluno fala sobre um documentário que viu sobre "ver" em quadros, com ilusão de movimento	gupo2aula3 (47:58)		
Fazem pergunta à pesquisadora sobre o enxergar os objetos, durante a exposição do conteúdo (BOM)	gupo2aula3 (57:13)			

Quadro 02: Exemplo de mapa de episódio.
Fonte: Dados da Pesquisa

No campo de observações gerais há descrição, em ordem cronológica, dos acontecimentos da aula, o que nos propicia uma visão geral da dinâmica e conduta do professor. Ainda nesse campo está a caracterização de cada grupo, ou seja, uma sucinta descrição do comportamento dos estudantes que trabalharam em conjunto, realizando as tarefas do dia.

Como os mapas de episódio constituem o dado de segunda ordem relativo às gravações em áudio, eles foram utilizados para avaliarmos o contexto de ensino. Analisamos esses mapas para caracterização desse contexto, para relatar o engajamento das turmas durante a realização das tarefas e para avaliarmos as diferenças entre primeiro e terceiro anos em relação ao estudo em geral, tanto em termos dos focos de discussão como em termos da receptividade ao material.

TESTES DE CONHECIMENTO

Os pré testes e pós testes foram analisados de acordo com dois focos: o primeiro foi em relação à natureza dos itens e o outro em relação aos padrões de respostas dos sujeitos participantes da pesquisa.

Procuramos avaliar o progresso do entendimento na perspectiva do ensino, e para isso verificamos como os itens ficaram “mais fáceis” de uma ocasião para a outra. Através da classificação da natureza dos itens, pudemos constatar fatores no processo de ensino que favoreceram o melhor entendimento desses itens.

A outra forma de avaliar o progresso foi na perspectiva da aprendizagem. Nesse caso, lidamos com a *performance* dos estudantes nas duas ocasiões, e identificamos fatores da população e da situação de ensino que promoveram o progresso.

Para os dois tipos de análise utilizamos métodos qualitativos e quantitativos. Primeiramente, elaboramos um sistema de categorias para as questões abertas dos testes de conhecimento, baseado no conteúdo de cada questão. Em seguida, classificamos os itens em relação ao domínio de conhecimento ao qual pertenciam. Depois categorizamos as respostas dos estudantes às questões abertas⁹ de acordo com o sistema elaborado para esse fim. As questões fechadas¹⁰ foram transformadas em uma matriz de respostas dicotômicas (0 quando o estudante errou, 1 quando o estudante acertou a resposta).

Para realizarmos a análise quantitativa fizemos uma transformação das categorias das respostas abertas em dado dicotômico e, a partir da matriz de respostas modelamos os dados para obter uma escala *Rasch* de proficiência, além dos parâmetros de dificuldade dos itens.

De posse das medidas (dificuldade dos itens e proficiência dos sujeitos) obtidas pelo modelamento, fizemos análise qualitativa exploratória e análise de regressão múltipla.

A seguir, descrevemos a categorização dos itens, a categorização das respostas dos estudantes e a formação da matriz de respostas. O

⁹ Questões abertas dizem respeito a perguntas diretas sobre algum conteúdo. Nesse tipo de questão o aluno deve explicitar seu entendimento sobre o que está sendo questionado, colocando em palavras aquilo que sabe.

¹⁰ As questões fechadas dizem respeito a afirmativas sobre conteúdos ou situações problemáticas que o estudante deve avaliar. Ele deve marcar se a afirmativa expressa na questão é verdadeira ou falsa.

modelamento dos dados, a análise qualitativa exploratória e a análise de regressão múltipla são descritos no capítulo de análise.

ESTRUTURAÇÃO DOS ITENS

Os itens analisados foram questões específicas de verdadeiro e falso dos testes de conhecimento e ainda de classificações decorrentes do sistema de categorias utilizado para analisar as respostas às questões abertas.

Inicialmente o teste compreendeu 3 questões abertas e 31 questões fechadas. As 3 questões abertas foram muito gerais, o que permitiu ao estudante responder de diferentes formas, acertando em alguns pontos e errando em outros. Devido a essa natureza das questões, um sistema de categorias foi construído de maneira que pudéssemos avaliar o entendimento dos respondentes em relação a vários temas abordados em uma única questão.

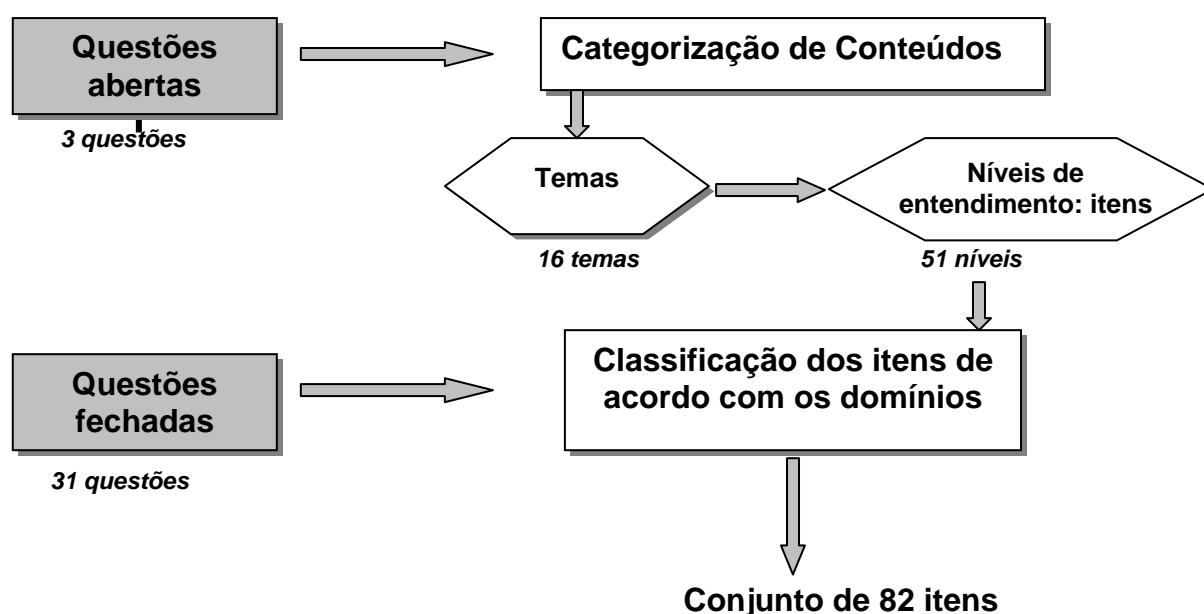


Figura 10- Obtenção dos itens para Análise

Além de conter temas, o sistema de categorias elaborado prevê o nível de entendimento em relação a esses temas. Dessa forma, para uma questão

específica, tivemos vários temas e, para cada tema, vários níveis de complexidade do entendimento.

Ao construirmos nossa matriz de respostas, consideramos como itens cada nível de complexidade dos temas das questões abertas, além dos padrões de zero e um das questões fechadas. Dessa forma, em um conjunto de 3 questões abertas e 31 de verdadeiro e falso, tivemos um total de 82 itens dicotômicos.

Depois de definidos os itens, classificamos cada um de acordo com o domínio de conhecimento: Tecnológico, Científico Escolar ou Híbrido. A figura 10 resume o procedimento realizado para obtenção dos 82 itens considerados para a análise.

DOMÍNIOS DE CONHECIMENTO

As questões dos testes de conhecimento e das atividades incorporaram diversos conteúdos que corresponderam a diferentes domínios de conhecimento. Em consequência, uma resposta típica a uma questão aberta envolveu entendimento acerca de vários conceitos, os quais nem sempre eram de uma mesma natureza.

Os itens foram classificados de acordo com essa natureza, por dois pesquisadores independentes, a autora e orientador desta tese. As categorizações foram comparadas. Apesar da larga concordância entre eles, algumas discrepâncias foram apontadas e discutidas. Ao final, chegou-se a uma categorização consensual. A classificação subteu uma análise do conteúdo em termos de quais aspectos eles contemplaram: se os elementos do

item diziam respeito a conceitos científico-escolares, tecnológicos ou levavam em consideração a relação entre esses dois domínios.

Para ser caracterizado como pertencente ao domínio científico-escolar, o item deveria se referir aos conceitos e conteúdos em termos de definição tipicamente escolar, usada no ensino de Física no nível médio. Esses itens incorporaram conceitos que subtendem a lógica de pensamento das Ciências, e estão direcionados a uma interpretação que se refere à acepção acadêmica, seja em termos de referencial teórico, seja em termos de linguagem ou ainda de relações específicas da área. Como já descrito, os elementos típicos dessas questões foram relacionados a uma “verdade” definida no campo científico.

No domínio tecnológico os itens incorporaram elementos em termos de funcionalidade. Eles se referiram à explicação de dispositivos, à aplicação de determinadas funções relacionadas à tecnologia e ao relato de processos. O caráter dos itens foi essencialmente funcional e incorporou elementos relacionados à informática e a tecnologia em geral (funcionamento de satélites e dos tipos diferentes de TV, explicação da ilusão do movimento na tela, etc.).

O domínio Híbrido abarcou itens em que ambas as perspectivas, científico-escolar e tecnológica, foram incorporadas para relacionar os conteúdos. O foco foi na integração dos elementos de um domínio aos aspectos do outro domínio, apresentando o item um caráter essencialmente relacional. Dessa forma, nesse tipo de item identificamos conceitos bem definidos na Física escolar, mas descritos em termos de sua funcionalidade. Ou ainda dispositivos tecnológicos específicos explicados em termos de fenômenos estudados na Física escolar do ensino médio.

Na análise dos itens o termo científico-escolar é substituído por somente escolar para simplificar o texto. Entretanto, a idéia subtendida continua sendo a de um domínio que se refere a conhecimentos científicos tal como são estudados na Física no nível do ensino médio.

CATEGORIZAÇÃO DAS RESPOSTAS

As respostas às questões abertas dos testes de conhecimento foram analisadas qualitativamente de diferentes maneiras. Procuramos estabelecer inicialmente um sistema de categorização único que pudesse compreender as três perguntas.

Essa tentativa foi feita adotando-se duas estratégias: A primeira foi utilizar uma Taxonomia estabelecida pelos autores Biggs e Collis (1982) para análise de tarefas específicas. A segunda foi estabelecer um sistema de categorias baseado na lógica de argumentação das respostas, como feito por Dawson (2004).

A Taxonomia proposta por Biggs e Collis (1982) se baseia na perspectiva piagetiana de aprendizagem, mas a concepção de estágios é diferente: eles se referem a uma hierarquia de Modos de Pensamento que se desenvolvem para domínios específicos, tomando como fatores determinantes no processo: a maturidade, suporte social, nível da resposta no Modo anterior, confronto com o problema e disponibilidade na memória de trabalho. A teoria que propõem é denominada *Structure of Observing Learning Outcome* (SOLO) e para eles a Taxonomia pode ser utilizada na avaliação da qualidade de aprendizagem ou para objetivos curriculares, pois apresenta a possibilidade de identificar níveis hierárquicos de complexidade do entendimento sobre

conteúdos de diferentes domínios, a partir de instrumentos desenvolvidos para esse objetivo.

Ao fazer a categorização das respostas dos estudantes utilizando como instrumento a Taxonomia SOLO, nos deparamos com a impossibilidade de adequar esse sistema ao tipo de questões propostas nas atividades e tarefas desenvolvidas. As categorias obtidas por meio desse sistema são mais restritas e dizem respeito a conteúdos bem definidos pelas questões. Ou seja, a Taxonomia SOLO é apropriada para categorizar dados obtidos a partir de questões bem direcionadas. As questões das atividades geralmente se remetiam a mais de um fenômeno, se mostrando amplas demais para que as respostas pudessem se enquadrar em um sistema mais restrito.

Ao elaborar as atividades, não nos preocupamos em direcionar as questões, pois o foco foi no ensino e não na pesquisa. Esse fato impossibilitou a elaboração de categorias condizentes com a teoria de Biggs e Collis, o que nos levou a abandonar esse sistema de categorização, apesar de o considerarmos válido em outra perspectiva de pesquisa.

As Categorias Lógicas foram estabelecidas a partir da perspectiva da Teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980). Elas se baseiam na classificação de níveis da Lógica de argumentação avaliada em uma resposta onde há explicitação de entendimento sobre um conteúdo específico. Dawson (2004) categoriza algumas respostas de estudantes sobre o Tópico de Energia, estabelecendo uma hierarquia para análise da estrutura de textos produzidos por eles: as categorias se referem justamente à forma como os conteúdos estão dispostos, de maneira a identificar a lógica estabelecida nas relações explícitas nas respostas.

Esse sistema de categorias, embora tenha sido utilizado para analisar as atividades e testes de conhecimento, também não faz parte do presente relato. Ele se mostrou promissor em muitos aspectos, mas para se adequar de forma mais precisa aos nossos dados, exigiria um tempo maior de dedicação na sua estruturação.

O sistema que utilizamos na nossa investigação foi o de Categorias de Conteúdo. Esse sistema foi construído a partir da avaliação das questões e leitura das respostas. Como as questões se mostraram bem gerais, não foi viável estabelecer uma resposta típica que pudesse abarcar todos os conteúdos possíveis para classificar os dados. Como já reportado, a margem de conceitos envolvidos nas questões foi muito grande; respostas distintas poderiam estar igualmente corretas ou terem níveis semelhantes de complexidade, mas se referirem a conteúdos distintos (havia muitas possibilidades para o foco de resposta).

Sendo assim, optamos por elaborar um sistema de categorias para cada questão, baseado nos conteúdos e conceitos que poderiam estar envolvidos nas respostas. Esse sistema foi baseado na perspectiva de avaliação docente de um conteúdo, mas com um refinamento de níveis hierárquicos de complexidade do entendimento.

Dawson (2004), além de estabelecer uma estrutura Lógica para as respostas de estudantes sobre Energia, constrói um sistema semelhante ao que fizemos para análise do conteúdo. Essa autora descreve seu sistema como uma ferramenta denominada *Lectical Assessment System* (LAS). Ela elabora classes para avaliação do entendimento de acordo com a quantidade

de conceitos e/ou conteúdos explicitados pelos estudantes em suas respostas, em várias situações envolvendo Energia.

Outros pesquisadores utilizam ferramentas semelhantes para analisar desenvolvimento de conceitos. Rappolt-Schlichtmann *et al* (2007) apresenta categorias que se referem ao conteúdo de densidade, e analisa tarefas para identificar patamares de desenvolvimento de acordo com a Teoria de Habilidades Dinâmicas. Yan (2000) elabora uma escala de desenvolvimento a partir da identificação de patamares de entendimento de estudantes universitários sobre um programa de computador.

Nossa análise de conteúdos se baseou nas metodologias semelhantes às utilizadas por esses autores, mas não teve como objetivo delimitar camadas de desenvolvimento, como a maioria dessas análises o faz. Limitamos-nos a sistematizar categorias específicas e bem fundamentadas, descrevendo os níveis de entendimento com precisão.

O sistema que desenvolvemos pode ser utilizado por um professor para avaliar a progressão do entendimento de seus estudantes. Isso é possível uma vez que as categorias geradas se referem a conteúdos - o que usualmente é utilizado pelos professores para avaliarem seus alunos - e os níveis estão em concordância com a aceção acadêmica: sendo sistematizados, facilitam a atribuição de patamares de entendimento durante o processo de aprendizagem. Desta maneira, o tipo de categorização realizada pode ser facilmente reproduzido pelos professores ao planejarem suas atividades, uma vez entendida a lógica de elaboração.

A construção do sistema baseou-se em um processo de repetidas leituras das questões e respostas dos estudantes. Um primeiro sistema foi elaborado a partir da perspectiva de professor: estabelecemos conteúdos e conceitos que acreditávamos encontrar nas respostas. Após a leitura das respostas mais elementos foram incorporados ao sistema e outros retirados. Esse processo foi feito repetidas vezes, até que as categorias pudessem abarcar tanto a perspectiva docente quanto os dados a que elas se referiram.

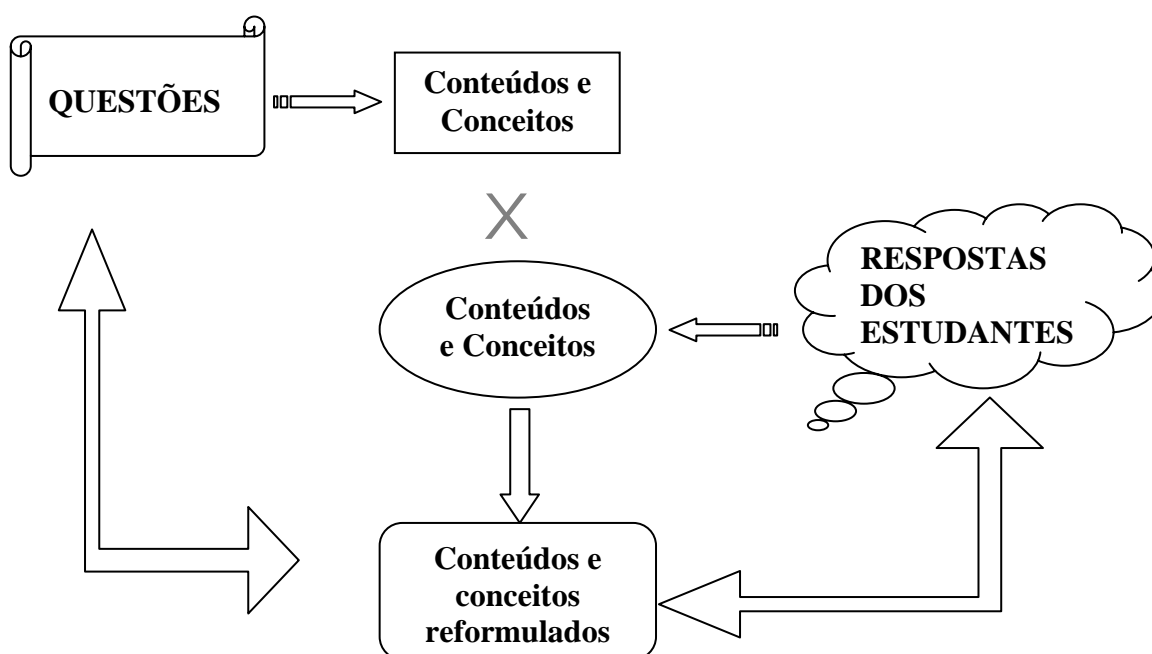


Figura 11: Representação do processo de construção das Categorias de Conteúdo.

A figura 11 representa o processo de construção do sistema de categorias de conteúdo. Partimos das questões e elaboramos uma lista de conteúdos e conceitos. Confrontamos com os conteúdos e conceitos encontrados nas respostas dos estudantes, o que culminou na re-elaboração da primeira lista. Voltando às questões, avaliamos as categorias reformuladas sob perspectiva de professor, e reiniciamos o processo novamente, até que nenhuma alteração no conjunto de conceitos e conteúdos foi realizada.

As categorias do sistema elaborado compreendem dois aspectos: os conteúdos a que se referem e o nível de complexidade com o qual esses conteúdos podem ser avaliados. Os conteúdos ou conceitos levantados foram considerados como temas. Assim, para uma mesma questão, tivemos diferentes temas que puderam ser constatados nas respostas.

Além da identificação dos conteúdos e conceitos a que o estudante se reportou, o sistema de categorias elaborado compreendeu ainda uma forma de avaliar o grau de complexidade do entendimento que esse estudante explicitou ao responder a questão. Os níveis de complexidade foram específicos para cada tema. Eles se referem à exatidão dos conteúdos expostos em relação à concepção considerada correta, de maneira que, quanto mais próxima dessa concepção, maior a complexidade do nível de entendimento.

Para a primeira questão do teste de conhecimento, estão relacionados os temas e os níveis de entendimento, no Quadro 03. A questão foi:

“Explicita seu entendimento sobre o funcionamento da TV do ponto de vista da tecnologia e dos fenômenos físicos envolvidos”.

Nessa questão, *“captura da informação”* representa um dos temas identificados, e diz respeito à explicitação, na resposta, dos dispositivos específicos responsáveis por registrar a imagem e som. Ou seja, esse tema é decorrente da exposição dos aparatos de câmera e microfone.

Quadro 03- Categorias de Conteúdo da Primeira questão dos Testes de Conhecimento.

Temas	Definição das categorias	Níveis
"Captura" da informação	O som e a imagem são "capturados" por dispositivos específicos. Reconhecem a existência do microfone e/ou câmera para captar o fenômeno a ser transformado em corrente.	PE1C1
	O som e a imagem são capturados por dispositivos específicos e transformados em sinal elétrico. Há o reconhecimento de que o som e a imagem são captados por dispositivos específicos com a intenção de serem transformados em corrente elétrica.	PE1C2
	O som e a imagem são capturados e transformados em corrente elétrica variável, que carrega a informação. Nesse tipo de resposta é explicitada a idéia de que a corrente correspondente à informação captada tem caráter variável.	PE1C3
Digitalização da informação	O sinal elétrico é digitalizado para a transmissão digital. Só reconhece que o sinal digitalizado, sem fazer referência ao código binário ou aos processos.	PE1D1
	O sinal elétrico é codificado em bits/números binários para a transmissão digital. Menciona que na digitalização, a informação é codificada em bits ou números binários.	PE1D2
	O sinal elétrico passa por processo de amostragem, quantização e codificação para a transmissão digital. Menciona os processos através dos quais a informação é transformada em códigos binários.	PE1D3
Meio de transmissão da informação	A informação é transmitida por ondas eletromagnéticas. Reconhece o meio de transmissão das informações como sendo através de ondas eletromagnéticas.	PE1T1
	A informação é transmitida por ondas eletromagnéticas, cabo ou satélite. Reconhece outros meios de transmissão, além das ondas eletromagnéticas: cabo e satélite.	PE1T2
	A informação do som e imagem é transmitida separadamente, por ondas eletromagnéticas/cabo/satélite. Reconhece que a informação sobre a imagem é transmitida separadamente da informação sobre o som, além de mencionar o meio de transmissão.	PE1T3
	As ondas eletromagnéticas/sinal elétrico que transmitem a informação são modulados por outro sinal, que carrega a informação. Menciona que para serem transmitidas, as informações modulam a onda portadora.	PE1T4
Antenas	Os elétrons da antena transmissora oscilam e produzem onda eletromagnética, que carrega a informação. Reconhecem a oscilação dos elétrons como fenômeno responsável pela produção das ondas eletromagnéticas.	PE1A1
	Os elétrons da antena receptora oscilam de acordo com a onda eletromagnética que traz a informação. Reconhecem a correspondência entre a informação sobre o som e imagem e a forma como os elétrons oscilam e produzem ondas eletromagnéticas.	PE1A2
	Os elétrons da antena transmissora oscilam e produzem onda eletromagnética de mesma frequência, que carrega a informação e faz os elétrons da antena receptora oscilarem também na mesma frequência. Descrevem todo o processo de oscilação da antena transmissora, de acordo com a informação, passando pela produção de onda eletromagnética até a oscilação novamente dos elétrons da antena receptora, com mesma frequência.	PE1A3
Recepção da informação/interpretação dos sinais	A informação é interpretada e transformada em imagem e som. Menciona somente que a informação recebida é interpretada para ser transformada em som e imagem novamente	PE1R1
	A informação é transformada em corrente elétrica; depois de recebida, é convertida em imagem e som. Reconhecem que a informação passa pela transformação em corrente elétrica, antes de ser transmitida e depois de recebida.	PE1R2
	Os sinais são interpretados e transformados em som e imagem; se estiverem na forma digital, são decodificados. Mencionam a questão da codificação e decodificação, reconhecendo que os sinais podem estar na forma digital.	PE1R3
Aparelho	A TV de TRC tem um tubo ou canhão de elétrons. A TV de plasma tem um gás. Expressam os elementos mais marcantes que estão presentes nos dois tipos de aparelho, que dão o nome a eles.	PE1Ap1
	Na TV de TRC há uma varredura da tela por um feixe de elétrons. Na TV de plasma há uma varredura pela variação de potencial nas microlâmpadas. Reconhecem como a imagem é formada na tela dos aparatos, além de citar seus componentes.	PE1Ap2
	Na TV de TRC a tela é varrida por um feixe de elétrons que estimulam pontos cobertos por material fotossensível. A ddp na TV de plasma provoca a ionização do gás que estimula o material fotossensível que cobre a tela. Sofisticam mais a resposta fornecendo informação sobre como a imagem é formada na tela, fazendo referência aos elementos presentes em cada uma e aqueles que são essenciais.	PE1Ap3

Em relação aos níveis de complexidade, para esse tema os estudantes podem se apresentar em três, hierarquicamente dispostos no Quadro 03: no primeiro nível, eles apenas mencionam que a imagem e o som são “capturados” por dispositivos específicos, ou seja, reconhecem que, para o funcionamento da TV é preciso que a imagem e som sejam processados de alguma forma, pelo microfone e pela câmera. No segundo nível, as respostas reconhecem a necessidade do dispositivo e ainda descrevem o papel desses dispositivos: o de transformar a imagem e som em sinais elétricos. O terceiro nível de complexidade se caracteriza por respostas que, além de exporem o mecanismo de “captura” reconhecem a natureza da corrente elétrica que corresponde à informação da imagem e som, ou seja, especificam que essa corrente é variada conforme o fenômeno que representam.

Outros temas foram identificados para a questão: o tema “digitalização da informação” se refere a elementos da resposta que indiquem entendimento sobre a transformação dos sinais elétricos em sinais digitais. O tema “*meio de transmissão da informação*” está relacionado à explicitação de formas através das quais os sinais correspondentes à imagem e som são transmitidos. “*Antenas*” é um tema que diz respeito a explicações em relação ao papel da antena na transmissão da informação e à oscilação dos elétrons, o que produz radiação eletromagnética. “*Recepção da informação / interpretação dos sinais*” é um tema que se refere aos elementos da resposta que indicam o processo geral de transmissão, recepção e interpretação da informação para a reprodução da imagem e som pelo aparelho. E por último, o tema “*aparelho*” está ligado aos mecanismos internos da Televisão. As respostas, quando

indicam presença desse tema, mencionam com mais detalhes os componentes da TV e como esses componentes se integram para a reprodução dos sinais.

Para cada um dos temas foram estabelecidos níveis de complexidade do entendimento de acordo com a incorporação de elementos e as relações estabelecidas entre esses elementos. Alguns temas podem apresentar mais ou menos níveis de complexidade, dependendo da sua abrangência e da sua incidência nas respostas dos estudantes.

A categorização dos temas e dos níveis de complexidade das outras duas questões abertas dos testes de conhecimento está reportada no Anexo 03 desse volume.

MATRIZ DE DADOS - TRANSFORMAÇÃO EM ESCALA DICOTÔMICA

Uma vez elaborado o sistema de categorias baseado nos conceitos e conteúdos de cada questão, classificamos as respostas de acordo com cada tema. O Quadro 04 apresenta um exemplo de categorização das respostas de acordo com esse sistema de categorias.

Nesse exemplo, a resposta do aluno 20 não apresenta elementos referentes aos temas “*captura da informação*”, “*digitalização de sinais*”, “*meio de transmissão*” e “*antenas*”. A resposta está no nível 3 para o tema de “*recepção/interpretação dos sinais*” e no nível 3 para o tema “*aparelho*”. Da mesma forma podemos interpretar a categorização da resposta do aluno 32 e do aluno 1. No primeiro caso, a resposta se encontra nos níveis 2, 1, 2, 3 e 3 para os temas citados e não tem referência ao tema “*aparelho*”. Já para o outro estudante não há referência a “*captura da informação*”, “*antenas*” e nem ao tema “*aparelho*”, sendo que está no nível 1 para “*digitalização de sinais*”, nível

4 para “meio de transmissão” e nível 2 para “recepção/interpretação dos sinais”.

Aluno	Respostas	Segurança	Captura' da informação	Digitalização da informação	Meio de transmissão da informação	Antenas	Recepção / interpretação dos sinais	Aparelho
20	Ao receber o sinal da antena este passa por um circuito interno, que decodifica o sinal. A corrente elétrica passa pelo cinescópio, variando a tensão entre o cátodo e o ânodo. É produzido um feixe de elétrons que percorre a tela, que possui um filamento de fósforo, que brilha formando os quadros.	MS					PO1R3	PO1Ap3
32	Primeiramente há uma diferença na transmissão de sinais que podem ser analógicos ou digitais. Ao oscilarem, os elétrons da antena transmissora produzem ondas eletromagnéticas que contêm informações sobre a imagem e o som captados pela câmera e microfone que são inicialmente transformados em impulsos elétricos para então serem decodificados em sinais eletromagnéticos. Caso a transmissão seja por antena, os elétrons dela oscilam na mesma frequência dos sinais emitidos, que podem ser na forma digital ou analógica. Há também transmissão via satélite que aumenta a área de transmissão e também a cabo. Ao oscilarem, produzem uma corrente elétrica que é transmitida para a TV que decodifica os sinais retomando aos fenômenos físicos envolvidos: a imagem e o som.	N	PO1C2	PO1D1	PO1T2	PO1A3	PO1R3	
1	A rede transmissora primeiramente produzirá um sinal analógico diretamente ligado ao fenômeno físico que deverá ser modulado (no caso digital deverá ser primeiramente digitalizado) e enviado aos receptores onde o aparelho de TV transformará os impulsos em imagens e/ou sons.	MS		PO1D1	PO1T4		PO1R2	

Quadro 04: Exemplo de categorização de uma questão segundo níveis de complexidade dos temas identificados.

Para realizarmos o modelamento dos dados e trabalhar em termos de escala *Rasch* de proficiência, construímos uma matriz de dados transformando as categorias dessas respostas em dados dicotômicos. Para isso, consideramos cada nível de entendimento como um item.

Como os níveis foram elaborados como sendo hierárquicos, uma resposta dada no patamar mais elevado significa que o estudante satisfaz aos níveis inferiores. Assim, se um tema foi categorizado em quatro categorias, surgem quatro variáveis dicotômicas, uma para cada categoria. Se o estudante respondeu na primeira categoria o seu padrão de resposta foi 1000, se respondeu na segunda categoria o padrão de resposta foi 1100, foi 1110 se respondeu na terceira categoria e 1111 se respondeu na quarta categoria.

Desta forma, cada resposta categórica gerou uma pequena escala Guttman. O Quadro 05 exemplifica essa transformação.

As respostas das questões abertas, transformadas em dado dicotômico, assim como as respostas às questões fechadas, formaram uma matriz de resposta com a qual pudemos fazer o modelamento.

Aluno	Digitalização da informação	Meio de transmissão da informação	Recepção da informação / interpretação dos sinais	PO1	PO1	PO1	PO1	PO1	PO1	PO1T	PO1T	PO1T	PO1T	PO1	PO1	PO1	PO1	PO1	PO1	PO1	PO1	PO1	PO1
				C1	C2	C3	D1	D2	D3	1	2	3	4	A1	A2	A3	R1	R2	R3	Ap1	Ap2	Ap3	
1	PO1D1	PO1T4	PO1R2	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	

Quadro 05- Transformação das Categorias de Conteúdo em dado dicotômico

O aluno 1 representado no exemplo explicita em sua resposta apenas os temas: “digitalização da informação”, “meio de transmissão da informação” e “recepção da informação/interpretação dos sinais”. Para o primeiro tema a resposta está no nível 1, para o segundo no nível 4 e para o terceiro no nível 2 de entendimento. Dessa forma, atribuímos 1 (um) somente a esses temas e em concordância com o nível apresentado: se o nível é 4, o maior para o tema, a todos os anteriores é atribuído o número 1(um). Se o nível é 2, atribuímos 1 (um) para os dois primeiros níveis, não para os demais. O mesmo ocorre para o nível 1: somente para o primeiro é atribuído o número 1, os demais níveis são computados como zero.

7- ANÁLISE I- EXPLORATÓRIA E DO CONTEXTO

Nesse capítulo relatamos a análise exploratória, que nos permitiu tomar decisões em relação ao tratamento dos dados. Ela foi feita tanto para os itens como para os sujeitos e foi essencial para conduzirmos o restante da pesquisa.

Em seguida, analisamos os mapas de episódios a fim de estudar o contexto de ensino, sob os aspectos de engajamento e realização das tarefas pelos estudantes durante a aplicação da Unidade.

ANÁLISE EXPLORATÓRIA INICIAL- DECISÕES METODOLÓGICAS

Antes de realizar o *modelamento*, fizemos uma análise exploratória em nossa matriz de dados para identificar *outliers*, tanto em termos dos itens como em termos das pessoas. Em se tratando de pessoas, possíveis *outliers* são aqueles sujeitos que erraram todas as questões, deixaram de fazer a maioria das questões ou que acertaram todas. Os possíveis itens referentes a *outliers* são aqueles em que todos os sujeitos acertam ou todos os sujeitos erram. Eles devem ser eliminados porque seus parâmetros não podem ser estimados pelos algoritmos de estimação de parâmetros dos modelos da família *Rasch* usualmente usados em programas disponíveis comercialmente, assim como não podem ser estimados os parâmetros das pessoas que acertam ou erram todos os itens.

Ao verificar o número de respostas faltantes constatamos que havia muitos casos em que o respondente realizou somente um dos testes. Também encontramos casos de estudantes que fizeram ambos os testes, porém

deixaram de responder a muitas questões, cujas respostas computadas como erradas comprometeriam a estimação dos parâmetros.

Desconsideramos 34 estudantes que não realizaram um dos testes. Também foram desconsiderados da análise 5 estudantes que deixaram um grande percentual de respostas em branco. Dessa forma, em uma amostra com 260 respondentes, 39 foram excluídos (26 do primeiro ano e 13 do terceiro) de um total de 147 do primeiro ano e 113 do terceiro.

Os itens que não foram acertados nos dois testes em conjunto foram excluídos. Preservamos, entretanto, os itens que não foram acertados no pré teste, mas que no pós teste apresentaram determinado número de acertos. Essa decisão foi tomada porque acertar um item na segunda ocasião é indicativo de progresso no entendimento. Dos 82 itens, 11 foram excluídos, totalizando em 71 analisados. A amostra da nossa análise pode ser sistematizada na figura 12.

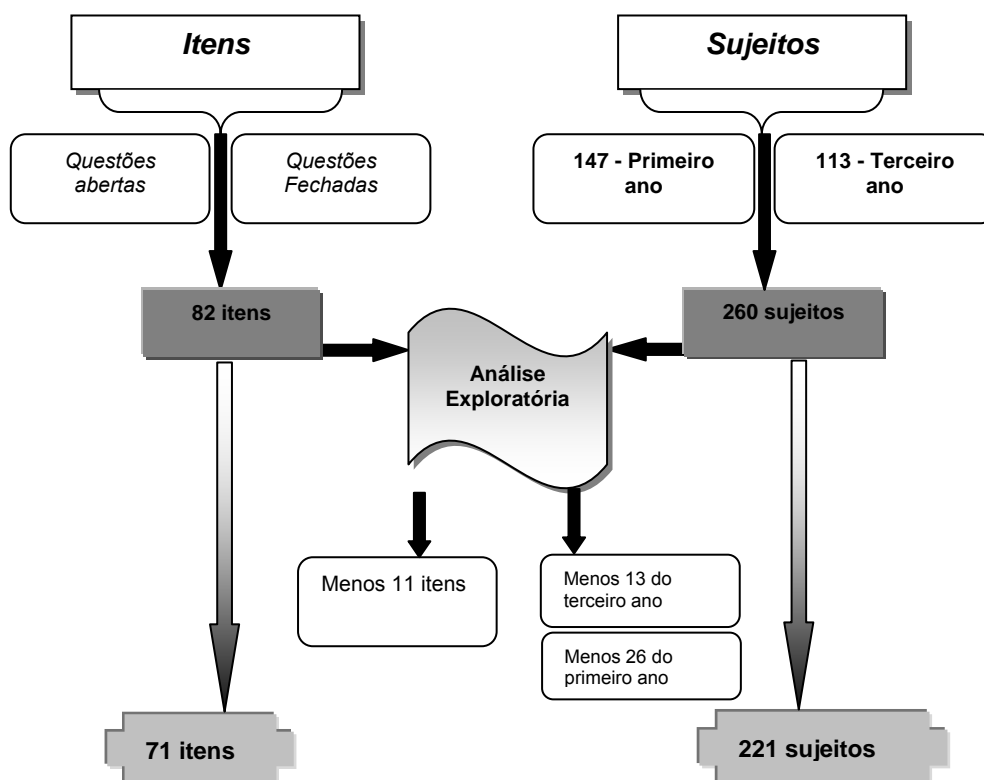


Figura 12: Redução da amostra de sujeitos e itens analisados

ANÁLISE DOS EPISÓDIOS DE ENSINO

Nessa seção expomos a análise realizada a partir dos mapas de episódios construídos para sistematizar as gravações em áudio. Essa análise buscou sobretudo descrever o contexto em que a Unidade Temática foi estudada, identificando os elementos que indicassem o engajamento, o foco de atenção nas discussões e a reação dos estudantes frente ao tipo de abordagem realizada.

Para avaliarmos todos esses elementos, inicialmente estabelecemos o critério de separação das séries. Essa decisão foi tomada em virtude das diferenças constatadas no contexto de ensino, registradas em caderno de bordo e nas gravações em áudio, além do fato de termos como objetivo investigar a questão da maturidade no processo de aprendizagem.

Para cada série avaliamos os elementos especificados nos mapas de episódio: observações gerais, particularidades em relação ao conteúdo e particularidades em relação à unidade de ensino. Pela análise das observações gerais de cada turma pudemos descrever o contexto, além de fazer uma avaliação geral do engajamento das duas séries. Pelas descrições das “particularidades em relação ao conteúdo” verificamos o foco de atenção em relação aos conteúdos estudados. As “particularidades em relação à Unidade” nos forneceram a avaliação da relação dos estudantes com o material. A seguir, relatamos cada uma dessas análises.

CONTEXTO DE ESTUDO

Caracterizamos o contexto de estudo pelas observações gerais que, nos mapas de episódio, correspondem a um relato de como foi a condução da aula

em um determinado dia. As seqüências descritas dizem respeito à dinâmica da aula, sendo as etapas reportadas de forma cronológica.

Além do que foi estudado, nas observações gerais relatamos as discussões feitas e o ambiente de aprendizagem, tomando como parâmetro as falas dos alunos gravadas em áudio. Sendo assim, esse parâmetro dos mapas de episódio nos forneceu um resumo de atividades e uma descrição de como ocorreu a aula.

No Quadro 06 podemos verificar, por série, seqüências de observações em dez aulas de cinquenta minutos (as aulas eram geminadas, por isso o relato se resume a cinco aulas).

As descrições dessas seqüências nos revelam um decréscimo no engajamento dos estudantes do terceiro ano. Podemos observar que na primeira aula, quando o professor expõe o conteúdo e os estudantes realizam as atividades no mesmo instante (a dinâmica é tal que o professor expõe um *slide* no projetor multimídia e o estudante responde a algumas questões), há uma participação efetiva na aula. As questões levantadas pelo professor são discutidas por toda a turma, sendo que a grande maioria dos estudantes se empenha em realizar as tarefas de lápis e papel.

Na segunda aula os alunos do terceiro ano começam a explorar o arquivo em *PowerPoint* e demonstram interesse pela forma como o conteúdo está exposto. Prestam atenção à explicação da professora, mas já sinalizam pouco engajamento para discutir o conteúdo.

Aula	Terceiro Ano - Turma X	Primeiro Ano – Turma Y
	Observações Gerais	Observações Gerais
1	<p>Inicialmente a turma está tumultuada, com conversas paralelas.</p> <p>A professora pede leitura silenciosa.</p> <p>Os alunos se concentram na leitura; há um bom engajamento na leitura.</p> <p>A professora pede atenção para explicação. Ela inicia a explicação retomando o que foi visto na aula anterior.</p> <p>A professora pergunta o porquê da borracha ser da cor que é... “como identificamos a cor do objeto?” aluno: é verde limão porque ele absorve as outras cores e reflete o verde limão.</p> <p>Há muita interação da turma com a explicação da professora, com exceção de dois grupos que não se manifestam.</p> <p>Uma aluna questiona sobre o porquê de materiais diferentes emitirem cores diferentes. Há uma discussão sobre isso com toda a turma.</p>	<p>A professora explica o conteúdo sobre cores, reflexão, faz associação com o olho humano. Como a aula inicia com metade da turma, é interrompida por alunos que voltam da outra metade. Há um breve tumulto, a aula é retomada e a pesquisadora começa a explicar a questão das cores e faz associação entre as cores e a forma como são vistas pelos olhos humanos; fala sobre ondas eletromagnéticas, frequência e elementos associados à luz. Há silêncio na turma, os alunos prestam atenção e há engajamento para responder as questões colocadas pela pesquisadora. Acha interessante os <i>slides</i> de cores. A pesquisadora explica a questão do movimento, mostrando os <i>slides</i> e fazendo associação entre a televisão e o cinema. Depois dessa explicação, os alunos iniciam a tarefa de responder as questões relativas a cores; nesse momento há muita agitação na turma. A pesquisadora retoma a explicação, levantando a questão das cores novamente. Há silêncio e atenção à explicação. Há intervenção da turma, muito boa a discussão. A turma interage muito bem com os <i>slides</i>, acham interessante e fazem perguntas. A professora explica algumas passagens em colaboração com a pesquisadora.</p>
2	<p>Os estudantes fazem o esquema de captura da imagem e transformação da imagem em sinal elétrico; não o fazem com muito compromisso.</p> <p>A professora solicita que parem de fazer o quadro que relembra a aula anterior e que comecem a explorar o programa; depois ela fornecerá outro quadro para eles preencherem.</p> <p>A professora explica que, antes de responder, é preciso explorar os <i>slides</i> do PowerPoint.</p> <p>Os alunos lêem alguns dos <i>slides</i>. A professora fornece os quadros sobre conceitos familiares e explica como preencher para cada um dos grupos separadamente.</p> <p>Os alunos em geral fazem as atividades com certo engajamento, apesar de não discutirem tanto com a professora sobre o assunto.</p>	<p>A professora solicita aos alunos que continuem as atividades da aula anterior, e auxilia os estudantes, juntamente com a pesquisadora, a terminarem as questões, explicando o conteúdo para os grupos em particular. Os alunos exploram o programa e fazem a atividade; há muita agitação na turma, mas de forma geral os grupos se engajam, solicitando a todo tempo o auxílio da professora e da pesquisadora. No final a pesquisadora explica como será o preenchimento dos quadros na próxima aula. Os alunos gostam do programa, fazem comentários relacionando o que estão estudando com em Química e pedem a professora para passarem o programa para eles. No final da aula a professora entrega os quadros para serem preenchidos em casa, explicando para cada grupo como realizar a tarefa. Antes do término da aula, a pesquisadora explica para toda a turma, na frente, como preencher os quadros de conceitos.</p>
3	<p>Continuação do preenchimento do quadro: analógico-digital, com a continuidade de exploração do programa no computador. No primeiro momento a professora deixa os alunos continuarem a preencher o quadro da aula anterior. Ela pede atenção para verem o filme que resume o processo de geração e transmissão de sinais. O filme é repetido. A professora atende aos grupos separadamente respondendo dúvidas em relação à matéria e às questões.</p> <p>Os alunos realizam as atividades com pouco compromisso. Reclamam da quantidade de exercícios e respondem sucintamente, não interagindo muito com as explicações da professora.</p>	<p>Não teve</p>
4	<p>A professora pede a atenção para falar de sinal analógico e digital. Ela explica a codificação de sinal: o processo de amostragem, quantização e codificação. Há pouca interação com a turma, apesar de os alunos prestarem atenção à explicação.</p> <p>Os alunos exploram os <i>slides</i> do projetor multimídia.</p> <p>Os alunos em geral se preocupam mais em terminar as tarefas, responder as folhas e quantos pontos vão ser atribuídos às atividades. Eles não mostram interesse em estudar o assunto.</p>	<p>A professora explica sobre sinal analógico e digital, conversão e codificação. Há interação da turma, que responde e faz perguntas. Fazem muitas perguntas e interferem bastante na exposição do conteúdo. A pesquisadora ajuda a professora a distribuir as atividades. Há certa agitação da turma e perguntas em relação às atividades, mais especificamente sobre as questões. Os alunos começam a responder as questões da tarefa e a professora e pesquisadora auxiliam os grupos em suas mesas. A professora interrompe a tarefa para explicar sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas. A turma às vezes faz brincadeiras referentes ao conteúdo que está sendo estudado, se remetendo aos novos conteúdos em um contexto mais cotidiano.</p>
5	<p>A professora distribui as atividades e explica como será a aula. Pede que os alunos explorem o programa e responda às questões da atividade. Auxilia cada grupo separadamente explicando como resolver as questões e o conteúdo que não entenderam. Depois entrega o papel milimetrado para que os alunos joguem o jogo proposto na tarefa, explicando para cada grupo como jogar. Alguns grupos fazem o jogo, mas a maioria não se interessa. A maioria dos estudantes está dispersa e preocupada em responder certo e rápido para ir embora; não se interessam pelas atividades em geral.</p>	<p>A professora solicita aos alunos continuarem as atividades da aula anterior e auxilia os grupos nas mesas. A turma se mostra engajada em explorar o programa e discutir os assuntos, sem se preocupar muito em responder as questões. Os grupos pedem explicações direcionadas para a entenderem conteúdos específicos, discutindo com a professora ou pesquisadora. Todos os grupos se mostram interessados no jogo de transmissão e recepção dos sinais. Terminam de fazer e comentam sobre a relação entre o jogo e o que estudaram.</p>

Quadro 06: Seqüências de observações de aulas.

Fonte: Dados da Pesquisa

Na terceira aula observamos uma resistência para realizar as tarefas. Nessa aula era preciso que o grupo, por si só, explorasse o programa, mas tendo o auxílio do professor e da pesquisadora para sanar dúvidas. A maioria não demonstrou interesse, e a quantidade de tarefas a serem realizadas foi contestada.

Na quarta aula a falta de interesse no estudo da Unidade é explícita. Os estudantes pouco discutem o conteúdo e mostram preocupação com a avaliação da tarefa, não com a aprendizagem. A quinta aula, que teve uma abordagem mais lúdica - houve um jogo para simulação da transmissão e recepção dos sinais - também se mostrou pouco interessante para os alunos. As tarefas foram claramente realizadas em decorrência da avaliação feita pelo professor; não houve motivação pessoal para finalização do estudo.

Na turma do primeiro ano, por outro lado, a motivação e o engajamento permanecem durante todas as atividades, e até se intensificam, como podemos perceber na descrição da quarta aula.

Na primeira aula há intensa discussão sobre conceitos de Física, e a pesquisadora colabora mais com a professora na condução das atividades. Os estudantes se mostram muito interessados nos *slides* e fazem perguntas além dos conteúdos expostos. A segunda aula é marcada por agitação dos alunos, mas pelas gravações constatamos que as discussões são, na grande maioria, relacionadas aos conteúdos do material. A motivação para o estudo é claramente maior nessa aula, em que eles começam a explorar o arquivo em *PowerPoint*.

A terceira aula não foi gravada para essa turma. Na quarta aula observamos interesse em se discutir a digitalização dos sinais: os alunos fazem questionamento à professora durante a exposição do conteúdo e se mostram empenhados para entender como ocorre o processo de transmissão por ondas eletromagnéticas, fazendo referências ao seu conhecimento cotidiano. Na quinta aula se mostram engajados para fazer o jogo proposto na tarefa e rapidamente conseguem associá-lo ao processo de transmissão.

Apesar da agitação da turma, é notório como os estudantes dessa série discutiram e se empenharam em estudar o material, e mesmo que não se preocupassem em responder às questões no momento da atividade, entregaram as tarefas posteriormente.

A análise feita para essas duas turmas mostra a perspectiva geral das séries que estudaram o material. As turmas apresentaram características distintas no decorrer do estudo, mas as observações gerais em relação a como se desenvolveram não apresentam muita diferença. Salvo algumas exceções de comportamento de grupos específicos de uma e outra série, as seqüências aqui apresentadas refletem o estudo da Unidade como um todo, para as duas séries.

CONTEÚDO ESTUDADO

As discussões sobre o conteúdo estudado nos fornecem informações sobre o foco de atenção e nível das discussões entre os grupos investigados. Nos mapas de episódios, esse dado é obtido pelo item “particularidades em relação ao conteúdo”, que se referem às demarcações de episódios onde foram registradas discussões sobre os conteúdos estudados na Unidade e

conteúdos diversos relacionados ao tema. Essas demarcações não representam transcrições, apesar de algumas serem expressões de falas dos estudantes, conforme apontado no Quadro 07.

Primeiro Ano					
Turma W		Turma Z		Turma K	
Muito ruído em algumas passagens. Discutem como a imagem é formada na câmera	grupo1aula2 (8:55)	Um componente explica como a imagem é transformada em sinal elétrico.	grupo1aula2 (10:46)	Discutem o que é timbre, frequência, período, amplitude, intensidade com a professora.	grupo2aula2 (17:15) (18:00)
Não é transmitido do fio para a antena de uma vez não	grupo1aula2 (9:10).	Falam de como os elétrons estão envolvidos no processo	grupo1aula2 (18:20)	Perguntam à professora o que é sinal analógico e sinal digital. A professora explica, estendendo para código binário e amostragem; fala de frequência, de sintonização de canais e outros conceitos. Há pouca interação do grupo.	grupo2aula2 (19:20) (20:00) (31:00)
Falam sobre a propagação do som-baixo	grupo1aula2 (19:51).	Fazem a leitura e ditam uns para os outros.... do material fotossensível (formação da imagem eletrostática)	grupo1aula2 (22:40)	Falam de onda eletromagnética	grupo2aula2 (32:10)
Discutem sobre cores	grupo1aula2 (44:10)	Falam sobre captura de sinais - frequência (muito ruído)	grupo1aula2 (42:49)	Falam sobre sinal digital e analógico	grupo2aula2 (36:10)
Falam de radiação eletromagnética	grupo1aula2 (50:25).	O que é modulação mesmo? ... é moldado para encaixar...	grupo1aula2 (45:50) (46:40)	Discutem frequência	grupo2aula2 (42:50)
Falam sobre onda eletromagnética	grupo1aula2 (58:09).	Radiofrequência também nunca ouvi falar... discutem os conceitos familiares e não familiares. (gastam um bom tempo)	grupo1aula2 (47:00)	Falam de ondas eletromagnéticas, satélites e fibra ótica - fazem a leitura e discutem	grupo2aula2 (57:05)(58:00)
A pesquisadora auxilia o grupo a entender o que é onda eletromagnética, com referência ao material	grupo1aula2 (58:12)	Falam de prótons e elétrons, mais em relação às cargas elétricas	grupo1aula2 (52:10) (53:00)	Falam das vantagens e desvantagens do sinal digital e analógico	grupo2aula2 1:04:00
Interação grupo com a explicação da pesquisadora	grupo1aula2 1:01:45	Falam de Raios catódicos	grupo1aula2 (58:17)		
Onda eletromagnética se propaga no vácuo?	grupo1aula2 1:03:20				
"é digital o que é transmitido por números binários?"	grupo1aula2 1:10:05				
"qual a diferença do digital para o analógico?"	grupo1aula2 1:11:30				
"eu queria ser um raio catódico...." "o que?"	grupo1aula2 1:20:28				

Quadro 07: Sequência de episódios de diferentes turmas do primeiro ano para uma mesma aula
Fonte: Dados da Pesquisa

Esse quadro mostra uma seqüência de episódios de diferentes turmas do primeiro ano para uma mesma aula. Podemos perceber que os estudantes fazem discussões em sua grande parte sobre conteúdos escolares.

De um modo geral, esse é o padrão observado em relação às discussões de conteúdo das turmas de primeiro ano. A professora e a pesquisadora são muito solicitadas para explicar os conteúdos. As discussões observadas para essas turmas são mais superficiais em se tratando dos conceitos tecnológicos abordados na Unidade.

Na turma W eles têm interesse em aprender o conceito científico de ondas eletromagnéticas e se remetem a todo instante a partes da Unidade onde esse conceito aparece. Na turma Z muitos conteúdos são discutidos, mas sempre em busca da definição científica. Eles falam de radiofrequência, modulação, prótons e elétrons, mas as discussões não são voltadas para entender como esses elementos estão presentes no processo de funcionamento da TV: eles tentam entender os conceitos de forma fragmentada. Na turma K o mesmo é observado: as discussões giram em torno da definição de conteúdos. Quando a professora explica processos de digitalização, não há muita interação do grupo.

Na grande maioria das aulas os alunos mostraram interesse em entender os conceitos científicos escolares de uma maneira mais profunda do que a tratada na Unidade, cujo objetivo não foi o de trabalhar com definições. Quando questionados sobre o processo geral, esses alunos demonstraram mais dificuldade em responder corretamente do que os alunos do terceiro ano.

O Quadro 08 mostra seqüências de discussões de grupos de atividades do terceiro ano, para uma mesma aula.

Terceiro Ano					
Turma A		Turma B		Turma C	
Perguntam ao professor sobre a filmagem da tela de computador- diferença de freqüências	Grupo3-aula1 (14:00)	Discutem como fica diferente a foto da TV	Grupo1- aula 1 (8:30)	Um componente discute com a professora sobre os cones durante a explicação	Grupo3- aula 1 (18:15)
Pergunta sobre a relação entre corrente e onda eletromagnética	Grupo3- aula 1 (41:19)	Discutem som enquanto diferença de pressão.	Grupo1- aula 1 (9:10).	Pergunta à professora sobre transformação de imagem colorida em P&B e vice-versa	Grupo3- aula 1 (23:17).
Discussão como o sinal é gerado dentro da câmera e no microfone	Grupo3- aula 1 (43:29) (59:03)	Pergunta sobre o codificador na TV P&B e colorida	Grupo1- aula 1 (23:05)(23:58)	“O que é um objeto iluminado por luz branca?”	Grupo3- aula 1 (40:30)
Como a imagem é recuperada	Grupo3- aula 1 1:00:45:1:01:50	Discussão sobre feixe de elétrons na tela- baixo	Grupo1- aula 1 (26:00).	Perguntam sobre a diferença de tonalidade na animação, a professora explica	Grupo3- aula 1 (1:02:17).
Discutem como se processa a intensidade luminosa	Grupo3- aula 1 1:12:19)	Falam sobre o que é objeto preto	Grupo1- aula 1 (34:34).	Pergunta para a pesquisadora: “como chama quando uma cor é mais escura que a outra”, a pesquisadora explica	Grupo3- aula 1 (1:07:28).
Falam sobre o transporte – auxílio do professor	Grupo3- aula 1 1:03:25 1:05:30	Falam sobre captura do som	Grupo1- aula 1 42:00	Sobre o movimento: “ele está correndo... parece que não tem atrito”	Grupo3- aula 1 1:11:57
Discutem sobre gravação de DVD e a relação de pixel	Grupo3- aula 1 1:15:52	Falam sobre pixel	Grupo1- aula 1 1:08:24	Falam sobre a varredura de elétrons	Grupo3- aula 1 16:30.
Diferença do digital para o analógico	Grupo3- aula 1 1:17:16	Discussão sobre a captura de imagem pela câmera	Grupo6- aula 1 (6:00)	Falam sobre a transformação de corrente elétrica em sinal	Grupo3- aula 1 44:28

Quadro 08: Seqüências de discussões de grupos de atividades do terceiro ano
Fonte: Dados da Pesquisa

Podemos perceber que as discussões para essas turmas têm o foco em processos, não em conceitos específicos. Embora os estudantes discutam alguns conceitos, como o de som na turma B, a atenção geral está em como fenômenos ligados ao funcionamento da TV ocorrem, como a gravação de um DVD, na turma A.

As definições científicas sobre conceitos como os de carga elétrica, onda eletromagnética, frequência ou timbre não são o foco de atenção, embora ocorram em alguns momentos. As questões levantadas pelos alunos do terceiro ano dizem respeito ao funcionamento de determinados aspectos e mecanismos da produção, transmissão e interpretação de sinais. Os conteúdos científicos aparecem eventualmente quando estudam outro fenômeno, como a questão do atrito na turma C ao se referir ao movimento de um objeto (no *slide* sobre varredura da tela).

Dessa forma, podemos dizer que na maioria das aulas do terceiro ano os estudantes levantam questões mais relacionadas a processos gerais, sem se deter em especificações conceituais. As discussões vão além de definições escolares de conceitos específicos, pois esses estudantes estão familiarizados e já aprenderam a maioria dos conceitos da maneira científica: eles o utilizam para entender os processos estudados.

UNIDADE DE ENSINO

Nessa seção apresentamos algumas demarcações de episódios, nas quais descrevemos as impressões dos estudantes em relação ao material que estudaram. Esses episódios retratam como os alunos do primeiro e terceiro anos lidaram com a abordagem e com as tarefas realizadas.

Os trechos nos quais identificamos expressões desse tipo foram mais restritos em relação aos trechos onde houve discussão do conteúdo. Por isso, em uma única aula, às vezes obtivemos apenas uma seqüência dessa natureza. Optamos por apresentar a análise de várias seqüências obtidas para diferentes turmas em diferentes aulas. Ainda apresentamos uma subdivisão de

seqüências em que temos expressões sobre o tipo de abordagem e expressões sobre as tarefas realizadas.

O Quadro 09 apresenta expressões de vários grupos do primeiro ano em diferentes aulas, correspondentes às impressões sobre o tipo de abordagem e sobre as tarefas realizadas.

Primeiro Ano	
Aceitação do Material	
Nó que bonitinho.... mas é mais complicado de entender.... (da animação da antena)	Xgrupo2aula3 (5:00)
Eu quero entender melhor!	Ygrupo2aula2 (48:20)
Eu quero saber mais do assunto...	Ygrupo2aula2 (57:30)
(Depois da explicação da professora) Entendeu? Entendi... isso é legal... mais difícil de entender sozinho... lh... ficou todo empolgadinho..	Ygrupo2aula2 (1:10:16)
Essa matéria é legal... deu até vontade de fazer eletrônica.. Discutem sobre as vagas nos cursos	Ygrupo2aula2 (1:10:50)
Discutem a tarefa novamente: "não é para copiar... se é familiar, coloca, se não é, coloca ai no não familiar"	Ygrupo2aula2 (1:17:50)
Que legal!!!! Que bacana.. isso ai é como a gente veria cor no computador! Nossa, muito bacana	Zgrupo5aula2 (1:00:58)
"Eu nem gostava disso aqui, agora tô gostando... passei a gostar"	Zgrupo5aula2 (1:00:58)
Atividades e Tarefas	
Assim eu não entendo nada... me entregam um monte de atividade, como quer que entenda alguma coisa?	WGrupo5aula (1:02)
Gente, é melhor ler tudo porque não estou entendendo nada....	WGrupo7aula (33:56)
Você copiou tudo aqui.... vai ter que repetir lá na frente.	WGrupo7aula (43:30)
Como a gente vai desenhar isso?	ZGrupo6aula2 (9:15)
Ah... as mais fáceis não é pra fazer!!!	ZGrupo6aula3 (22:23)
Onde estão as respostas?	XGrupo4aula3 (7:40)
"sô muito burro... tô copiando"	Ygrupo5aula2 (10:00)
Falam direto para o mp3: professora, esse negócio tá muito difícil	Ygrupo5aula2 (17:20)
Reclamam com a professora porque ela não dá a resposta pronta	WGrupo5aula 3 (28:20)

Quadro 09: Expressões de vários grupos do primeiro ano em diferentes aulas, correspondentes às impressões sobre o tipo de abordagem e sobre as tarefas realizadas.
Fonte: Dados da Pesquisa

Pelas seqüências apresentadas nesse quadro, podemos perceber que, em relação à abordagem, os alunos do primeiro ano demonstraram grande aceitação. Eles se interessaram pelas animações e pelos conteúdos, fazendo

as explorações com entusiasmo. O interesse pode ser constatado em afirmações como *“Eu quero saber mais sobre o assunto.”* ou *“Eu quero entender melhor!”*. Um aluno chega a cogitar fazer eletrônica, ao estudar o material: *“Essa matéria é legal... deu até vontade de fazer eletrônica.”*

Essas expressões, tomadas em todos os tempos da aplicação da Unidade, demonstram que de um modo geral o interesse do primeiro ano em relação ao material foi intensificado pelo tipo de abordagem, diferenciada em termos de apresentação do conteúdo. Para esses alunos, houve entusiasmo ao realizar as atividades e esse não foi decrescendo no decorrer do estudo, apesar de considerarem algumas das tarefas de difícil execução: *“Nó que bonitinho... mas é mais complicado de entender...”*

Essa dificuldade na realização das tarefas foi constatada para a maioria dos grupos de atividade de todas as turmas do primeiro ano. Ela ocorreu principalmente quando os estudantes responderam questões relacionadas à tecnologia, tanto digital como analógica. Eles tiveram dificuldade, sobretudo, em sistematizar o conhecimento para responder as questões, que não se referiam de forma direta aos conteúdos, mas exigiam uma interpretação para que fossem respondidas. Assim, eles expressam um sentimento de incapacidade em realizar as tarefas: *“sou muito burro... tô copiando”* *“se a gente deixar em branco na experiência dela vai parecer que a gente é burro”*. Ainda avaliam seu desempenho, dizendo não estarem aprendendo o conteúdo por não conseguirem responder a determinadas questões: *“Assim eu não entendo nada... me entregam um monte de atividade, como quer que entenda alguma coisa?”*

O Quadro 10 mostra o mesmo padrão para o terceiro ano.

Terceiro Ano	
Aceitação do Material	
O aluno diz que é uma visão muito superficial de ondas eletromagnéticas... a outra aluna argumenta que é um material básico.	AGrupo5-3 (26:25)
Questionam sobre os conceitos que estão sendo abordados... ah... não tem nada aqui que eu nunca vi! A professora explica que não é assim para todo mundo	Agrupo1-4 (39:08)
O aluno fala diretamente para o MP3: “A aula está muito chata”	AGrupo4-6 (23:50).
Questionam o porquê de estudarem tal conteúdo, com qual objetivo	BGrupo3-3 (56:30).
Essa matéria é inútil... nem cai no Vestibular	CGrupo 6-4 (2:14).
Falam sobre a aula e Vestibular, fazem depoimento diretamente sobre a relevância da unidade:... “isso aqui é interessante mas não vai servir de nada”	EGrupo1-1 (39:03).
No início era até legalzinho, mas agora já tô pirando...	EGrupo1-3 (13:14).
É divertido, mas é tão vazio, né?”	EGrupo1-3 (10:04)
Atividades e Tarefas	
“O material que dão pra gente não responde nada que pergunta”	AGrupo3-3 (19:09)
A aluna pede outra folha e retruca: “não agüento mais folha...”	Agrupo5-5 (45:51)
“Professora, o exercício tá muito grande...”	BGrupo3-2 (1:03)
Falam com a professora que o jeito que ela está ensinando é muito mais fácil de entender	BGrupo3-3 (19:48)
“Nessas perguntas a gente tá falando a mesma coisa...”	CGrupo6-2 (51:06).
Falam diretamente para o MP3: “A gente não tem capacidade de fazer os exercícios... a questão 2 não tem nem na apostila”	CGrupo 6-4 (00:24)
É a quinta vez que eu estou respondendo essa pergunta... Eu vou copiar.. vou nem pensar..	CGrupo3-5 (34:14).
“Ah.. essas perguntas tão voltando nas aulas anteriores	DGrupo5-4(28:26)
Falam que as questões são as mesmas	EGrupo3-2 (12:38)

Quadro 10: Expressões que correspondem à abordagem dos conteúdos da Unidade – turmas do terceiro ano.

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nas seqüências desse Quadro temos expressões que correspondem à abordagem dos conteúdos da Unidade. Essas expressões demonstram que os alunos em geral não se interessaram pela abordagem, explicitando pouco ou nenhum entusiasmo para realizarem as tarefas. Eles questionam muito a relevância do conteúdo para o Vestibular: “*Essa matéria é inútil... nem cai no Vestibular*”. Consideram o material pouco específico para aprofundarem o

entendimento: *“O aluno diz que é uma visão muito superficial de ondas eletromagnéticas... a outra aluna argumenta que é um material básico.”*

Apesar de constataremos interesse inicial pela Unidade, o mesmo decaiu na medida em que as aulas se seguem, indicando um evidente desconforto dos estudantes frente ao estudo de conteúdos que eles consideram gerais demais - *“É divertido, mas é tão vazio, né?”*- e que não darão o suporte que eles gostariam para o exame de Vestibular: Falam sobre a aula e Vestibular, fazem depoimento diretamente sobre a relevância da Unidade: *“isso aqui é interessante mas não vai servir de nada”*.

Esse comportamento pode ser identificado em todas as turmas do terceiro ano. Na visão desses estudantes, o estudo da Unidade Temática não teve relevância escolar na medida em que não abordou conteúdos escolares importantes para o exame de Vestibular.

Em relação às atividades e tarefas realizadas, os alunos dessa série apresentaram evidente desagrado em relação à quantidade de questões para serem respondidas: *“Professora, o exercício tá muito grande...”*. Além disso, afirmaram que os exercícios estavam repetidos - *“Nessas perguntas a gente tá falando a mesma coisa...”*- e que não eram passíveis de serem resolvidos porque o material não os respondia diretamente: *“o material que dão pra gente não responde nada que pergunta”*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os mapas de episódio pudemos constatar diferenças no contexto de ensino da Unidade Temática em relação às duas séries pesquisadas.

Verificamos que os estudantes do primeiro ano se engajaram de maneira muito maior no estudo da Unidade, embora não tenham se preocupado em responder às questões das atividades. Esse fato pode ter ocorrido em virtude da avaliação: enquanto no terceiro ano as atividades entregues foram corrigidas e avaliadas em termos de notas, na primeira não houve esse procedimento. Então, o terceiro ano, embora não engajado em estudar a Unidade, se comprometeu mais com as atividades, enquanto na primeira esse comprometimento não ocorreu de maneira muito consistente.

A questão da avaliação também influenciou a preocupação em responder corretamente as questões, e esse fato direcionou em parte o teor das discussões. No terceiro ano os alunos se preocuparam muito em responder as questões de acordo com as descrições do material e as discussões; portanto, as respostas sempre estavam dirigidas para elementos das atividades. Em poucos momentos outros assuntos foram discutidos. No primeiro ano, por outro lado, as discussões sobre os conteúdos das questões foram poucas; os estudantes dessa série discutiram mais conteúdos não relacionados às atividades, pois na maior parte do tempo procuraram explorar o programa, e não responder às questões.

Apesar dessa diferença de foco, as discussões do primeiro ano foram predominantemente de natureza escolar. Para esses alunos, a preocupação estava em entender as definições científicas dos conceitos, e não os processos gerais que representavam o objetivo da Unidade. Esse fato se deve, em parte, à pouca familiaridade desses estudantes com os vários conceitos abordados de forma subjacente no material. Eles não conseguiram entender de maneira profunda o processo geral porque não tinham um conhecimento consistente

dos conceitos e fenômenos que integram esse processo. Dessa forma, a atenção se voltou para entender cada conteúdo específico, e não o processo como um todo.

As discussões do terceiro ano raramente se referiram à definição de conceitos. Os alunos dessa série demonstraram conforto e familiaridade com as denominações e significados dispostos na Unidade. Para esses estudantes, a atenção estava em entender como os elementos, já concebidos por eles, integravam o processo de funcionamento da TV. Quando as discussões extrapolavam o material, se referiram a conteúdos tecnológicos, geralmente relacionados ao funcionamento de algum dispositivo.

Em relação à aceitação do material, os estudantes do terceiro ano se mostraram pouco receptivos, uma vez que não conseguiram conceber o conteúdo da Unidade como conteúdo para aprendizagem escolar. Esses alunos estão preocupados com aprovação em exame de Vestibular e por isso julgaram o estudo realizado como uma atividade lúdica de nenhum valor para o objetivo de aprovação. Eles não conseguiram perceber como a Unidade poderia ajudá-los a aprimorar seu entendimento sobre conteúdos já estudados: a concepção é a de que a abordagem não está de acordo com os parâmetros exigidos no exame e, por isso, os conteúdos estudados não contribuem para aprofundamento de entendimento.

No primeiro ano não constatamos tal comportamento. Apesar de não terem o foco de atenção no processo geral – principal objetivo da Unidade - os alunos dessa série não questionaram o teor dos conteúdos. Eles se mostraram bastante receptivos, mesmo quando julgaram os exercícios demasiadamente difíceis.

Podemos dizer que as séries apresentaram características distintas em relação ao estudo da Unidade Temática. Essas características influenciaram não só a aceitação do material como também o foco de atenção do estudo. Constatamos que o contexto de ensino foi diferenciado devido à maturidade dos estudantes em se tratando dos conteúdos, aos objetivos intrínsecos dos estudantes de cada série e também à forma de interação com o material.

8- ANÁLISE II- MODELAMENTO DOS DADOS

Nesse capítulo relatamos como nossos dados foram modelados para que pudéssemos realizar a análise quantitativa. Iniciamos com uma breve exposição dos princípios do modelamento, expomos o desenho dos modelos e explicitamos os testes realizados. Finalizamos com uma discussão em relação à opção de modelo adotado para a análise.

MODELAMENTO

Para investigarmos a performance dos estudantes nos testes de conhecimento inicialmente avaliamos modelos estatísticos que pudessem descrever os nossos dados, que *a priori* consistiram em uma matriz onde foram computados acertos e erros dos estudantes. O modelamento se trata da análise da adequação de um modelo já estabelecido por teoria a esses dados. Isso significa avaliar o comportamento de parâmetros da população e dos itens investigados em termos do que se espera teoricamente que ocorra quando um modelo específico é adotado.

Em se tratando dos modelos da família *Rasch*, os testes estatísticos do ajuste são de dois tipos. O primeiro é um conjunto de testes para definir se um modelo particular ajusta-se adequadamente aos dados. Isso é feito avaliando-se os parâmetros estimados para os itens e para os sujeitos.

O programa CONQUEST avalia um conjunto extenso de famílias de modelos *Rasch* e fornece para este fim uma estatística MNSQ. Esta estatística MNSQ é um índice baseado nos resíduos, similar em concepção e propósitos aos índices não-ponderado e ponderado desenvolvidos por Wright e Stone (1979) e Wright e Masters (1982) para o modelo *Rasch* simples. O

CONQUEST fornece para cada item o valor ponderado e não-ponderado para a estatística MNSQ, e para cada uma delas fornece um intervalo de confiança de 95% e um valor da estatística t. O valor esperado da estatística MNSQ ponderada é 1, indicando um ajuste perfeito do item ao modelo. Se o valor da estatística é diferente de 1, mas localiza-se dentro do intervalo de confiança, o item ainda ajusta-se bem ao modelo. Mas se ele localiza-se fora dos limites do intervalo de confiança, o módulo da estatística t é maior do que 2 e o ajuste do item ao modelo não é adequado (MANUAL DO CONQUEST, pág. 23).

Entretanto, não é porque um item não se ajusta bem ao modelo ($|t| > 2$) que ele deve ser retirado da análise, principalmente se examinamos o ajuste de um modelo multidimensional. DRANEY & WILSON (2008) sugerem que nestas circunstâncias devemos considerar a média dos MNSQ ponderados, sua dispersão e o número de itens que não se ajustam adequadamente.

O segundo tipo de testes de ajuste destina-se a comparar o grau de ajuste aos dados alcançado pelos diferentes modelos de uma mesma família de modelos. Se os diferentes modelos formam uma hierarquia de modelos aninhados, em que os modelos são gerados impondo-se restrições a um modelo menos parcimonioso (com mais parâmetros a serem avaliados), então podemos comparar o grau de ajuste dos modelos através da diferença da estatística “*deviance*”, e da diferença no número de parâmetros estimados. Esta diferença de “*deviance*” distribui-se assintoticamente como uma distribuição χ^2 (qui-quadrado) com um número de graus de liberdade igual à diferença entre o número de parâmetros estimados nos dois modelos (ADAMS, WILSON e WANG, 1997).

Para analisar o progresso do entendimento, os dados relativos ao escore bruto nos testes foram rodados no programa CONQUEST modelo MRM-**Between Items**, nos fornecendo as estimativas das medidas dos itens (dificuldade) e das pessoas (proficiência) . O progresso foi analisado em termos da diferença desses parâmetros no tempo 1 e tempo 2.

O modelo adotado avaliou a mudança em termos de modificabilidade dos itens e das pessoas. Não incluímos nos modelos efeitos de interação de tempo, sendo o mesmo avaliado em função da disposição dos dados: para a análise da modificabilidade dos itens a entrada dos dados foi na forma paralela, sendo as respostas do pós teste dispostas ao lado das respostas do pré teste. Nesses termos, a modificabilidade é dada em função da diferença dos valores dos parâmetros estimados.

Para a análise da modificabilidade dos parâmetros das pessoas, a entrada de dados foi na forma seqüencial, em que as respostas do pós teste foram dispostas abaixo das respostas do pré teste. Da mesma maneira, a modificabilidade é computada pela diferença dos parâmetros, calculados duas vezes para uma mesma pessoa. Sendo assim, os modelos testados correspondem à equação:

$$\ln\left(\frac{P_{nij}}{1-P_{nij}}\right) = \theta_n - \beta_{ij} \quad \text{ou} \quad \ln\left(\frac{P_{nij}}{1-P_{nij}}\right) = \theta_{nj} - \beta_i$$

no primeiro e no segundo tempo.

A probabilidade de a pessoa n acertar o item i na ocasião j depende da habilidade dessa pessoa θ_n (invariante) e do parâmetro de dificuldade do item

β_i na ocasião j . Se a modificabilidade for no parâmetro da pessoa, a dificuldade do item permanece constante no tempo.

É importante ressaltar que o progresso foi avaliado em duas perspectivas distintas, **não** contrariando o princípio de especificidade objetiva do modelo *Rasch* adotado: na primeira perspectiva a modificabilidade dos itens foi levada em consideração; na segunda perspectiva a modificabilidade foi avaliada pela diferença de proficiência no primeiro e segundo tempos. Fizemos, portanto, duas análises, variando o formato de entrada dos dados: seqüencial (modificabilidade avaliada nos parâmetros das pessoas) e paralela (a modificabilidade avaliada nos parâmetros dos itens).

A seguir, descrevemos os modelos elaborados, os testes de adequação e a adoção do modelo utilizado na pesquisa, encerrando a seção com a discussão dessa análise.

MODELOS

Para iniciar a análise, foi necessário definir modelos que seriam testados de acordo com os princípios da Teoria *Rasch*. Essa definição inicial se baseou na análise qualitativa dos dados e na perspectiva teórica de que o estudo compreendeu três dimensões do conhecimento: uma dimensão em que o entendimento se concentrou em conteúdos científico-escolares, outra dimensão em que o foco foi em elementos tecnológicos e uma dimensão de hibridação, em que houve incorporação do entendimento das duas áreas.

Todavia, não deixamos de testar o modelo de uma única dimensão. Nesse modelo, a perspectiva é que não há separação das áreas do conhecimento, como feito na análise qualitativa dos itens.

Dessa forma, o modelo mais geral que definimos foi o de uma única dimensão. Os outros modelos foram construídos a partir da perspectiva de três domínios ou dimensões. Ao todo testamos 14 modelos, nos quais escalas de subdomínios foram construídas a fim de se especificar cada vez mais as áreas de conhecimento.

Os testes subtendem análises com os mesmos dados de entrada, mas com diferentes sintaxes. O modelo menos parcimonioso que concebemos para modelar nossos dados é o que associa cada tema de cada questão aberta a uma dimensão, segundo o domínio de conteúdo. Esta decisão pretendia levar em conta as correlações existentes entres os itens advindos da categorização do tema. Além disto, os itens de cada parte das questões fechadas seriam associados a uma dimensão, também associada ao domínio a que ele se relacionava.

Finalmente, teríamos três dimensões específicas, cada uma delas correspondendo a um domínio de conhecimento e uma dimensão geral, associada ao entendimento mais geral da unidade. A questão 1 possui seis temas, a questão 2 possui quatro temas e a questão 3 possui seis temas.

A parte II é formada de um conjunto de 10 itens fechados, todos eles ligados a um único domínio temático. Já os 20 itens da parte III agrupam-se em três dimensões, cada uma delas ligada a um dos domínios de conteúdo. Assim, nosso modelo menos parcimonioso conteria 20 dimensões, mais 3 dimensões ligadas ao domínios e 1 dimensão geral. Nesse modelo, entretanto, no caso das dimensões associadas aos temas, teríamos dimensões definidas por 2 itens e até uma definida por um único item, circunstâncias que antecipam um modelo de mensuração inadequado.

Por esse motivo redefinimos modelos mais parcimoniosos, agrupando em cada questão aberta os temas segundo o domínio a que eles se referiam. Esta opção garantiu que cada dimensão fosse composta por pelo menos três itens.

Na questão 1 ficamos com três dimensões, na questão 2 com apenas uma dimensão e na questão 3 ficamos com duas dimensões. Nas partes II e III ficamos com três dimensões, totalizando 9 dimensões específicas, três dimensões de segunda ordem e uma dimensão geral, denominado pelo modelo 1 na tabela 01.

Modelos mais parcimoniosos foram obtidos colapsando as dimensões mais específicas em duas (modelo 3, tabela 1), e em apenas uma (modelo 5, tabela 1) e mesmo retirando as dimensões mais restritas (modelo 7, tabela 1). Outros modelos foram obtidos colapsando as dimensões específicas associadas às questões abertas em apenas três (modelos 8-12, tabela 1), e finalmente aglutinando as dimensões específicas em apenas três (modelo 13) e apenas uma dimensão (modelo 14).

O modelo menos parcimonioso é o modelo 1, que possui 9 dimensões específicas, 3 dimensões de segunda ordem e uma dimensão geral. Ele é o menos parcimonioso porque compreende o maior número de parâmetros, e nos outros modelos que vão sendo testados as muitas dimensões são aglutinadas. Assim, o modelo 2 tem o formato do modelo 1 com apenas duas dimensões de segunda ordem, enquanto que o modelo 3 compreende apenas 1 dimensão geral e 9 específicas e o modelo 4 possui somente 9 dimensões específicas. Esses modelos possuem 9 dimensões específicas, mas variam o número de dimensões gerais e de segunda ordem.

Tabela 1: Classificação dos itens de acordo com cada modelo multidimensional- parte 1

Questão	Tema	Domínio	ITENS	Modelo1			Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 5			Modelo 6			
				9 dimensões específicas, 3 dimensões de segunda ordem e 1 dimensão geral			9 dimensões específicas e 4 dimensões de segunda ordem		9 dimensões específicas, 2 de segunda ordem		1 dimensão geral e 9 dimensões específicas		6 dimensões específicas, 3 dimensões de segunda ordem e 1 dimensão geral			6 dimensões específicas, 4 de segunda ordem			
				DG	DSO	DE	DSO	DE	DSO	DE	DG	DE	DG	DSO	DE	DSO	DE		
QUESTÃO 1	1	T	i01	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
			i02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2	T	i03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i04	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3	T	i05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i06	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
	4	T	i07	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i08	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i09	1	3	3	2	3	2	3	1	3	1	3	1	3	3	2	3
	5	E	i10	1	3	3	2	3	2	3	1	3	1	3	1	3	3	2	3
			i11	1	3	3	2	3	2	3	1	3	1	3	1	3	3	2	3
	6	T	i12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		T	i14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		H	i16	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2
			i17	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2
QUESTÃO 2	8	T	i18	1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	
			i19	1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1	
	9	T	i20	1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	
			i21	1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1	
	10	T	i22	1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	
			i23	1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1	
	11	T	i24	1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1	
			i25	1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1	
2	T	i26	1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1	1	1		
		i27	1	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	1	1	1		
QUESTÃO 3	13	T	i28	1	1	5	1	5	1	5	1	5	1	1	1	1	1	1	
			i29	1	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1	1	1	1	
	14	H	i30	1	2	6	1	6	1	6	1	6	1	2	2	1	2		
			i31	1	1	5	1	5	1	5	1	5	1	1	1	1	1		
	15	H	i32	1	2	6	1	6	1	6	1	6	1	2	2	1	2		
			i33	1	2	6	1	6	1	6	1	6	1	2	2	1	2		
	16	H	i34	1	2	6	1	6	1	6	1	6	1	2	2	1	2		
			i35	1	2	6	1	6	1	6	1	6	1	2	2	1	2		
	17	T	i36	1	1	5	1	5	1	5	1	5	1	1	1	1	1		
			i37	1	1	5	1	5	1	5	1	5	1	1	1	1	1		
H	i38	1	2	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	2	2	1	2		
	i39	1	2	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	2	2	1	2		
H	i40	1	2	6	1	6	1	6	1	6	1	6	1	2	2	1	2		
QUESTÃO 4	FV01	E	i41	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV02	E	i42	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV03	E	i43	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV04	E	i44	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV05	E	i45	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV06	E	i46	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV07	E	i47	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV08	E	i48	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV09	E	i49	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV10	E	i50	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV11	E	i51	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
QUESTÃO 5	FV12	E	i52	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV13	H	i53	1	2	8	3	8	1	8	1	8	1	2	5	4	5		
	FV14	T	i54	1	1	9	3	9	1	9	1	9	1	1	4	4	4		
	FV15	H	i55	1	2	8	3	8	1	8	1	8	1	2	5	4	5		
	FV16	E	i56	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV17	T	i57	1	1	9	3	9	1	9	1	9	1	1	4	4	4		
	FV18	T	i58	1	1	9	3	9	1	9	1	9	1	1	4	4	4		
	FV19	T	i59	1	1	9	3	9	1	9	1	9	1	1	4	4	4		
	FV20	T	i60	1	1	9	3	9	1	9	1	9	1	1	4	4	4		
	FV21	E	i61	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV22	T	i62	1	1	9	3	9	1	9	1	9	1	1	4	4	4		
	FV23	E	i63	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV24	E	i64	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV25	T	i65	1	1	9	3	9	1	9	1	9	1	1	4	4	4		
	FV26	E	i66	1	3	7	4	7	2	7	1	7	1	3	6	3	6		
	FV27	H	i67	1	2	8	3	8	1	8	1	8	1	2	5	4	5		
	FV28	H	i68	1	2	8	3	8	1	8	1	8	1	2	5	4	5		
	FV29	H	i69	1	2	8	3	8	1	8	1	8	1	2	5	4	5		
	FV30	T	i70	1	1	9	3	9	1	9	1	9	1	1	4	4	4		
	FV31	H	i71	1	2	8	3	8	1	8	1	8	1	2	5	4	5		

Tabela 1: Classificação dos itens de acordo com cada modelo multidimensional- parte 2

Questão	Tema	Domínio	ITENS	Modelo 7	Modelo 8	Modelo 9	Modelo 10	Modelo 11	Modelo 12	Modelo 13	Modelo 14		
				9 dimensões específicas	6 dimensões específicas e 2 dimensões de segunda ordem	6 dimensões específicas e 1 geral	6 dimensões específicas	3 dimensões específicas e 1 geral	3 dimensões específicas, 1 de segunda ordem	3 dimensões específicas	1 dimensão geral		
QUESTÃO 1	1	T	i01	DE	DSO	DE	DE	DG	DE	DE	DG		
			i02	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2	T	i03	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i04	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	3	T	i05	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i06	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1
	4	T	i07	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
			i08	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
			i09	3	2	3	1	3	3	1	3	3	1
	5	E	i10	3	2	3	1	3	3	1	3	3	1
			i11	3	2	3	1	3	3	1	3	3	1
	6	T	i12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
			i13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		T	i14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
			i15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		H	i16	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1
			i17	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1
QUESTÃO 2	8	T	i18	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i19	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
	9	T	i20	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i21	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i22	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i23	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i24	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i25	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i26	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i27	4	1	1	1	1	1	1	1	1	
QUESTÃO 3	13	T	i28	5	1	1	1	1	1	1	1		
			i29	5	1	1	1	1	1	1	1		
	14	H	i30	6	1	2	1	2	2	1	2	2	
			i31	5	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i32	6	1	2	1	2	2	1	2	2	
			i33	6	1	2	1	2	2	1	2	2	
			i34	6	1	2	1	2	2	1	2	2	
			i35	6	1	2	1	2	2	1	2	2	
			i36	5	1	1	1	1	1	1	1	1	
			i37	5	1	1	1	1	1	1	1	1	
17	H	i38	6	1	2	1	2	2	1	2	2		
		i39	6	1	2	1	2	2	1	2	2		
i40	6	1	2	1	2	2	1	2	2				
QUESTÃO 4	FV01	E	i41	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
			i42	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
	FV03	E	i43	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
			i44	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
	FV05	E	i45	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
			i46	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
	FV07	E	i47	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
			i48	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
	FV09	E	i49	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
			i50	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
	FV11	E	i51	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
QUESTÃO 5	FV12	E	i52	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
			i53	8	1	5	1	5	5	1	2	2	
	FV14	T	i54	9	1	4	1	4	4	1	1	1	
			i55	8	1	5	1	5	5	1	2	2	
	FV16	E	i56	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
			i57	9	1	4	1	4	4	1	1	1	
	FV18	T	i58	9	1	4	1	4	4	1	1	1	
			i59	9	1	4	1	4	4	1	1	1	
	FV20	T	i60	9	1	4	1	4	4	1	1	1	
			i61	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
	FV22	T	i62	9	1	4	1	4	4	1	1	1	
			i63	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
	FV24	E	i64	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
			i65	9	1	4	1	4	4	1	1	1	
	FV26	E	i66	7	2	6	1	6	6	1	3	3	
			i67	8	1	5	1	5	5	1	2	2	
	FV28	H	i68	8	1	5	1	5	5	1	2	2	
			i69	8	1	5	1	5	5	1	2	2	
	FV30	T	i70	9	1	4	1	4	4	1	1	1	
			FV31	8	1	5	1	5	5	1	2	2	

Todos os modelos descritos na tabela 1 estão ordenados dessa maneira, de forma hierárquica, sendo que a passagem de um para o outro implica na diminuição do número de dimensões, aglutinadas conforme o conteúdo dos itens. Construímos assim, de forma qualitativa, os modelos a serem testados de acordo com dimensões do entendimento especificadas para os itens dos testes de conhecimento.

TESTES DA ADEQUAÇÃO DOS MODELOS

Para definirmos o melhor modelo inicialmente verificamos a convergência da deviência e analisamos o histórico de sua variação. Depois avaliamos os parâmetros dos itens e dos sujeitos (estatística MNSQ) e comparamos os modelos em termos das diferenças dos graus de liberdade e o crescimento ou decréscimo da deviência.

O cálculo dos parâmetros e da deviência foi realizado com a entrada dos dados no programa CONQUEST. Inicialmente verificamos a convergência dos valores da deviência: ao rodar os dados o programa estima os parâmetros e nos fornece, no momento das estimativas, o quanto a deviência está variando. A estimativa pára quando a deviência converge ou quando os valores dos parâmetros não são melhorados pela repetição dos cálculos de estimativa. Nesse último caso, não há convergência da deviência e o modelo não se adéqua aos dados.

Para os nossos dados, não houve convergência dos modelos mais específicos 1 a 4 e nem dos mais gerais 6 e 7. A deviência convergiu para o modelo 5 e a partir do modelo 8. Fizemos um estudo do histórico da deviência de cada modelo em que houve convergência, começando pelo modelo 5. Esse

estudo compreende verificar a variação da devião de uma interação para outra, com o intuito de identificar em qual ou quais modelos essa variação é minimizada.

Gráfico 01- Modelo 5

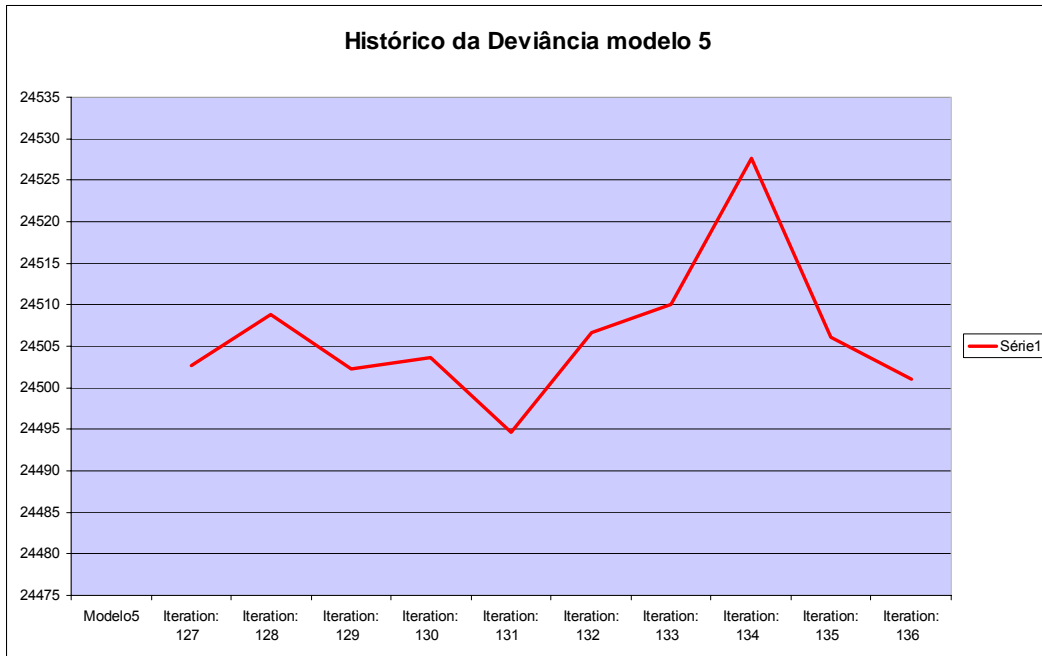
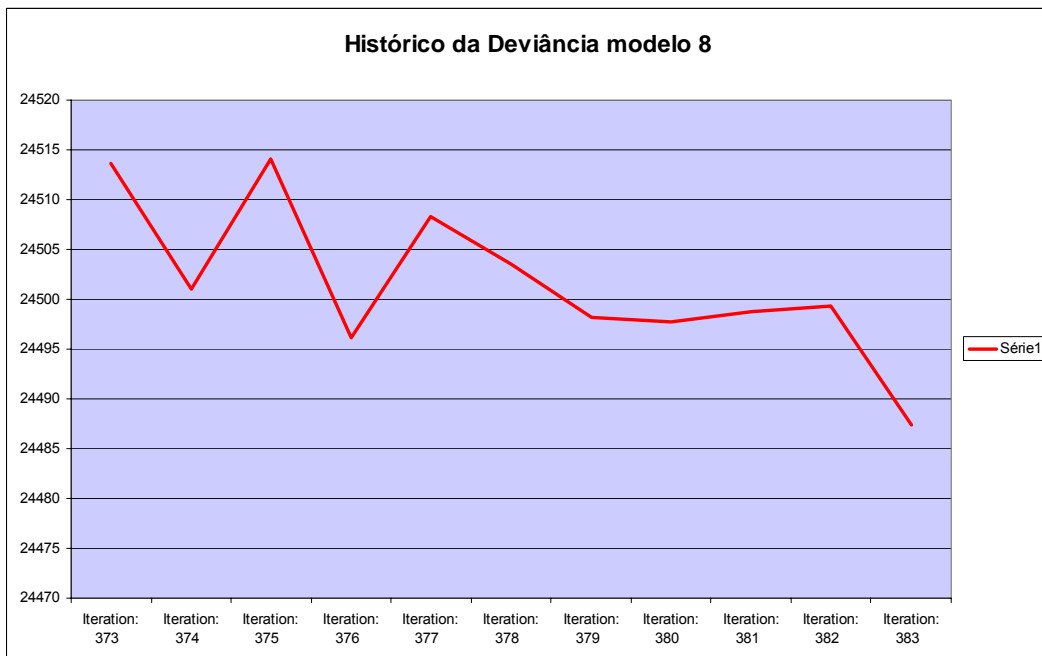


Gráfico 02- Modelo 8



Os gráficos de 01 a 05 mostram os modelos 5, 8, 9, 10 e 12, respectivamente. A escala para os valores da devião é a mesma; portanto,

podemos fazer comparações entre os modelos em relação à variação da deviança durante as interações.

Gráfico 03- Modelo 9

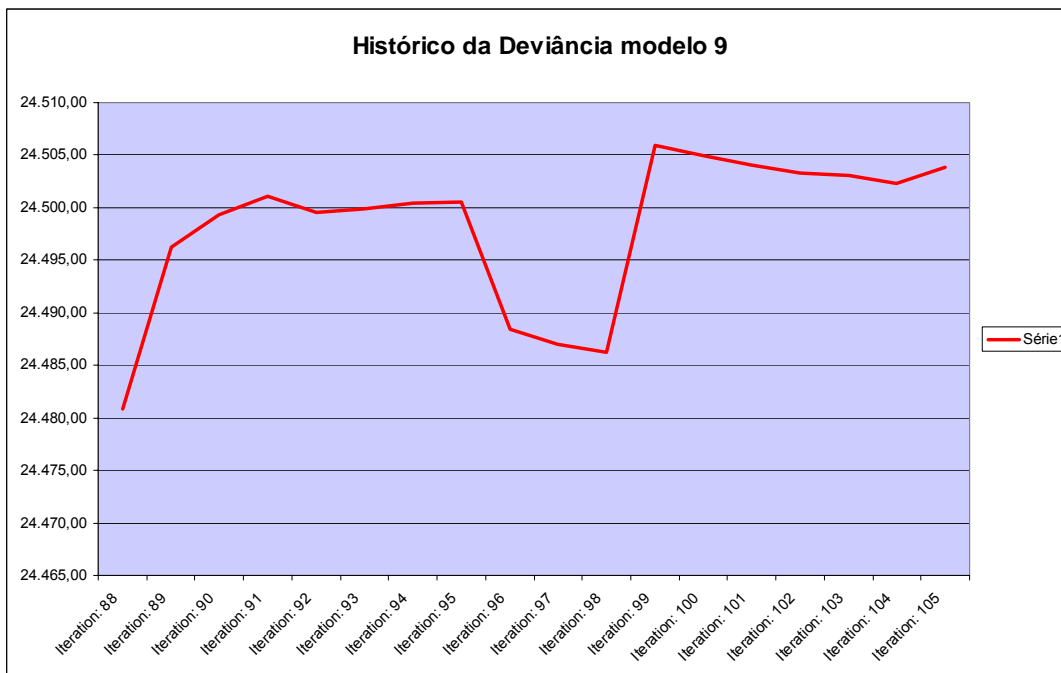


Gráfico 04- Modelo 10



Pelos gráficos que representam os históricos da convergência dos modelos, verificamos que a deviança de cada um dos modelos 5, 8, 9, 10 e 12 apresenta um comportamento oscilante, fruto de alguma instabilidade numérica do algoritmo usado pelo programa. Como a amplitude de oscilação é grande

comparada a diferença de deviãoça entre os diversos modelos, optamos por considerar que os modelos não se ajustam aos dados.

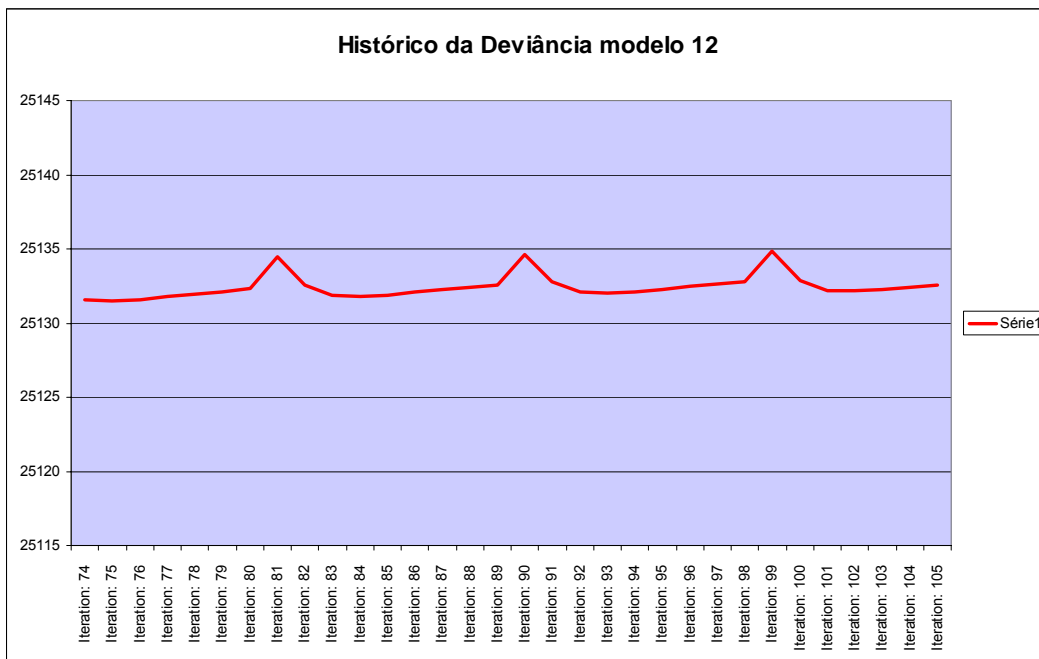


Gráfico 05- Modelo 12

Assim sendo, esse estudo inicial nos levou a restringir o número de modelos a apenas três, para os quais o histórico de convergência mostrou uma deviãoça monotonicamente decrescente com o número de iterações: o modelo 11, 13 e 14, cujos históricos estão nos gráficos 06, 07 e 08, respectivamente.

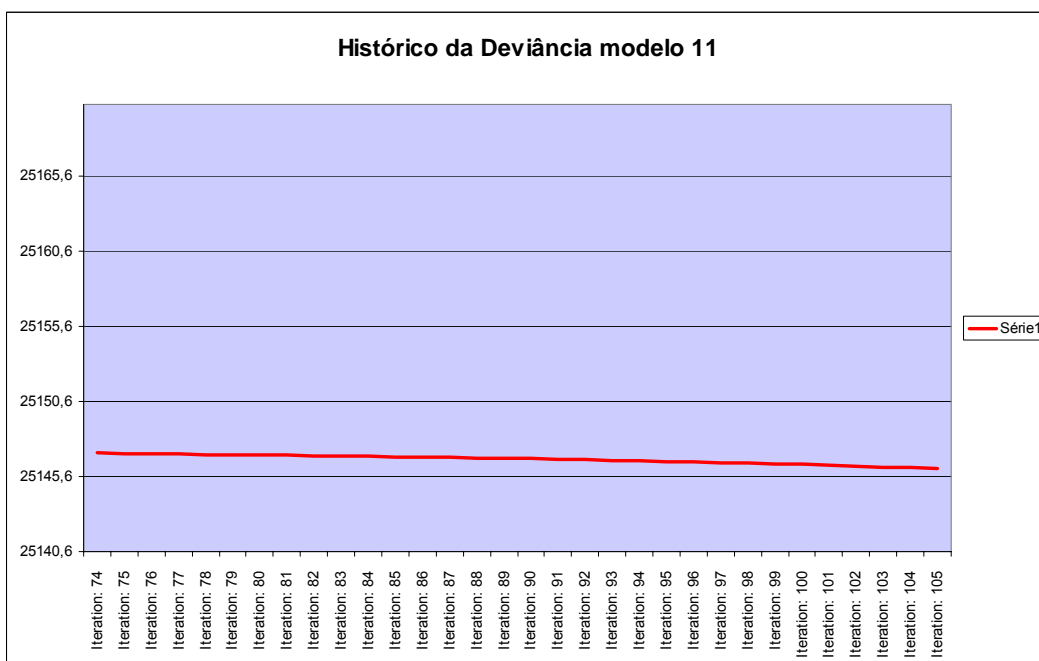


Gráfico 06- Modelo 11

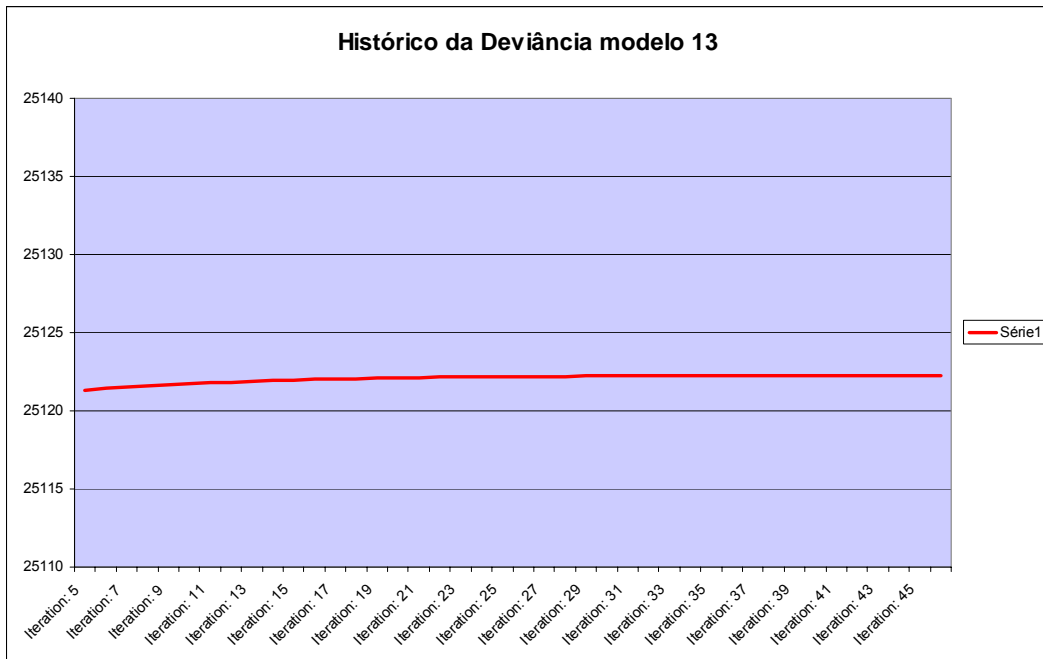


Gráfico 07- Modelo 13

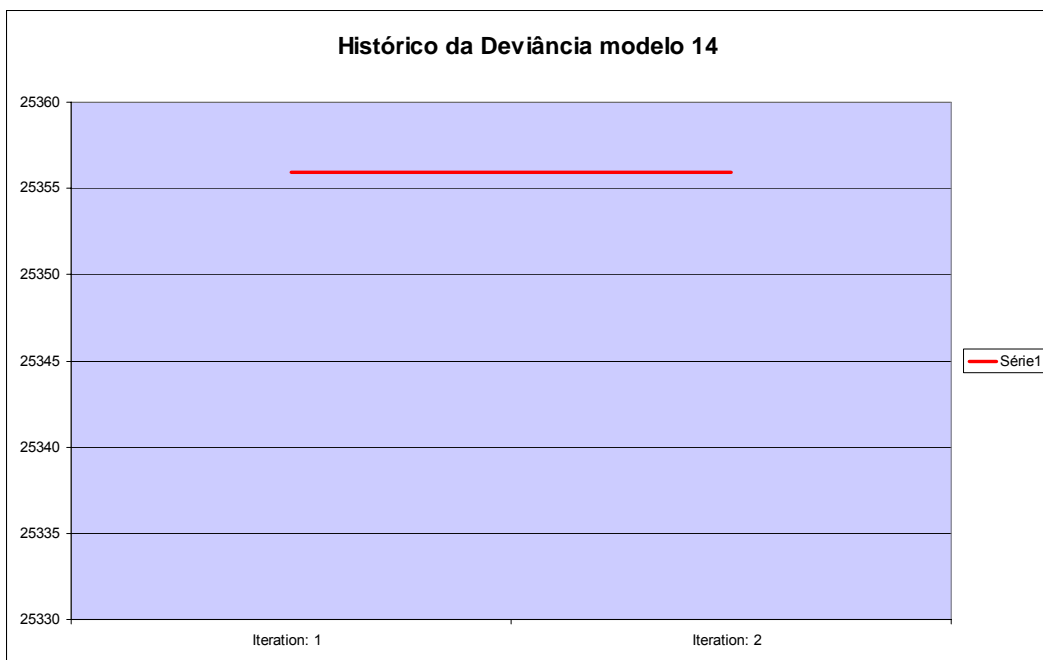


Gráfico 08- Modelo 14

O modelo 11 possui 4 domínios: 3 específicos e um geral. O modelo 13 é o de 3 dimensões específicas e o modelo 14 o mais geral, de apenas 1 dimensão. Verificamos que o modelo 14 foi o que convergiu mais rápido, com apenas 2 interações, seguido do modelo 13 e por fim do modelo 11.

Esses modelos estão dispostos de forma hierárquica¹¹ no fluxograma mostrado na figura 12.

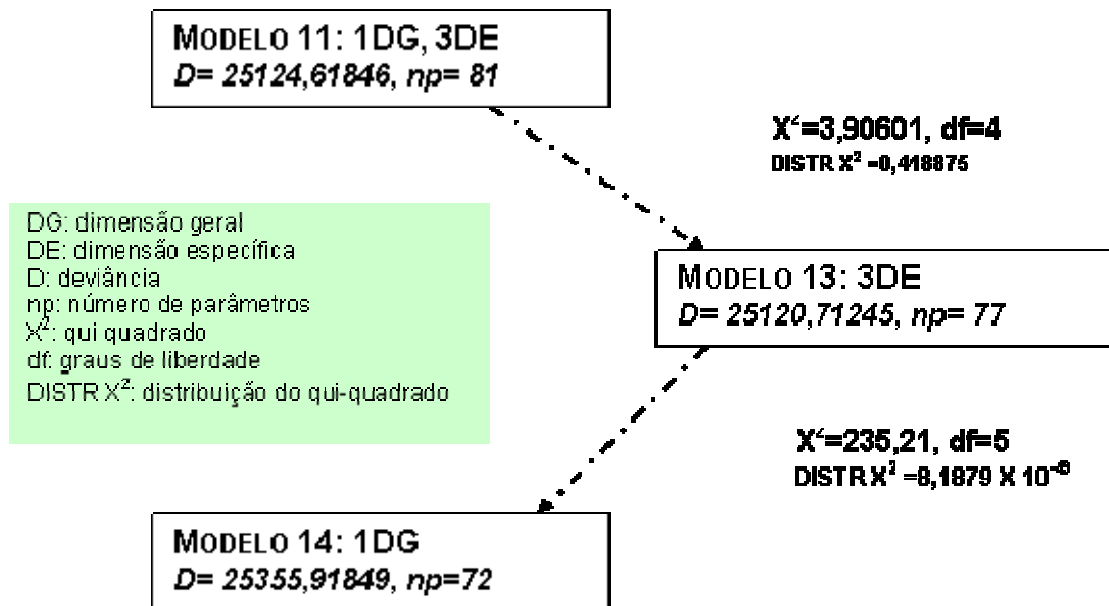


Figura 13: Fluxograma dos modelos testados para análise dos dados

Pela análise da deviança e graus de liberdade, constatamos que não há diferença significativa entre os modelos 11 e 13 (a distribuição qui-quadrado é maior que 0,05). Ou seja, o modelo de três dimensões específicas, como definido teoricamente é tão válido quanto o modelo de três dimensões específicas e uma geral, porém ele apresenta como vantagem ter um menor número de parâmetros estimados.

Quando comparamos os modelos 13 e 14, verificamos que a deviança do modelo 14 é significativamente maior do que a do modelo 13, ainda que o número de parâmetros avaliados tenha diminuído (distribuição qui quadrado =

¹¹ A comparação entre os modelos utilizando o critério da deviança só pode ser feita quando um deles se apresenta como submodelo do outro. Isso significa que os modelos testados devem ter o mesmo padrão de respostas, sendo que cada item deve ter o mesmo número de categorias para cada análise. (MANUAL DO CONQUEST, 2007). Nossos dados atendem a esses critérios e, portanto, podemos considerar que lidamos com submodelos, o que nos permite realizar a análise tomando-se como referência a deviança entre eles.

8,18 X 10⁻⁴⁹). Este resultado indica que o modelo 13 se ajusta significativamente melhor aos dados do que o modelo 14.

A correlação entre as dimensões (Tabela 02) é alta, indicando que na prática existem poucas diferenças nas dimensões (DRANEY e WILSON, 2008).

MATRIZ DE COVARIÂNCIA/CORRELAÇÃO			
Dimensões	<i>Tecnológica</i>	<i>Híbrida</i>	<i>Escolar</i>
	1	2	3
<i>Tecnológica</i>		1.700	0.972
<i>Híbrida</i>	0.912		1.016
<i>Escolar</i>	0.776	0.816	
Variance	1.873	1.854	0.838

Tabela 02: Covariância e correlação entre os três domínios de conhecimento

A escolha do modelo deve levar em consideração não só as estatísticas de ajuste como também a teoria substantiva relacionada ao conteúdo de análise. De uma perspectiva teórica existem três domínios de conhecimento para os itens analisados, ou seja, os conteúdos das questões se remetem a pelo menos três áreas do conhecimento (Híbrida, Tecnológica e Científico-Escolar), todas relacionadas ao funcionamento da televisão.

A estatística EPV/PV nos fornece o grau de fidedignidade nas estimativas das pessoas. Refere-se à variância explicada pelo modelo estimado dividida pela variância da pessoa. No caso do modelo de três dimensões, os índices de EPV/PV são 0,898 para a dimensão Tecnológica, 0,918 para a dimensão Híbrida e 0,754 para a dimensão Científico-Escolar, indicando que as estimativas das proficiências das pessoas nesses domínios têm uma boa precisão.

As estatísticas MNSQ dos itens se apresentaram dentro do critério especificado para aceitação do modelo 13 (todos abaixo de 2). Sendo assim, a adoção do modelo tridimensional se mostrou a melhor alternativa, pois ele teve um bom ajuste e ainda contemplou a teoria na qual a investigação se fundamentou.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelamento dos dados foi realizado para identificar o modelo da família *Rasch* que nos fornecesse a escala mais adequada de proficiência e dificuldade dos itens para nossa amostra.

Definimos os modelos qualitativamente de forma hierárquica em relação aos domínios de conhecimento. Fizemos um estudo da variação da deviância para restringir os modelos a serem testados. Testamos a adequação desses modelos aos dados a partir da avaliação da deviância e dos graus de liberdade obtidos pelas comparações de cada par de modelos hierarquicamente distintos. Verificamos a estatística MNSQ para os parâmetros dos itens.

O modelo que estatisticamente e teoricamente apresentou maior adequação foi o MRM (Modelo Rasch Multidimensional) com três dimensões, as quais denominamos Tecnológica, Híbrida e Científico-Escolar.

9- ANÁLISE III- PROGRESSO NO ENTENDIMENTO

A análise III compreende as etapas através das quais o progresso no entendimento foi investigado. Analisamos esse progresso em duas perspectivas, como já descrito: em termos dos itens e em termos da proficiência. Essas duas análises compreendem características diferentes que são reportadas em sub-seções. Em ambas há análise de regressão múltipla e é apresentada uma perspectiva qualitativa para interpretação dos resultados.

PROGRESSO SEGUNDO OS ITENS

Uma das formas de analisar se houve progresso no entendimento é considerar que as pessoas que fazem o teste possuem a mesma habilidade no tempo 1 e 2, e os itens ficam “mais fáceis” de uma ocasião para a outra. A diferença entre os parâmetros dos itens nas duas ocasiões nos fornece o valor do “ganho”. Na avaliação do progresso, os itens foram analisados sob diferentes perspectivas. Inicialmente, fizemos uma regressão linear entre os índices de dificuldade do pré teste e do pós teste no intuito de verificar em qual dos domínios houve maior aprendizagem.

Em seguida, caracterizamos os itens de acordo com os critérios: pertencimento a grupos de ganho, natureza instrumental, nível de complexidade da abordagem durante o estudo, frequência de estudo, natureza declarativa, conhecimento cotidiano e conteúdo do item. Essa classificação nos permitiu interpretar os resultados em relação aos fatores do ensino que afetaram a aprendizagem. Além da caracterização qualitativa dos itens, fizemos uma análise de Regressão Múltipla para verificar o quanto cada fator

explica no ganho dos índices de dificuldade de cada domínio. Essas análises são reportadas nas seções seguintes.

ÍNDICES DE DIFICULDADE

Os parâmetros dos itens, estimados de acordo com o modelo *Rasch* e separados por dimensão, estão no Anexo 04. Esses parâmetros foram avaliados enquanto variáveis que se relacionam de acordo com uma função linear. O Gráfico 09 mostra as medidas do pós teste em função das medidas do pré teste para cada dimensão.

Nesse gráfico estão plotados os pontos referentes às medidas do pós teste e pré teste do Domínio Tecnológico (em verde), Domínio Híbrido (em vermelho) e domínio Escolar (em azul). Constatamos que em todos os domínios as regressões apresentam bons índices de explicação da variância ($R^2= 90,7\%$ no domínio Tecnológico, $R^2= 80,7\%$ no domínio Híbrido e $R^2=82,1\%$ no domínio Escolar), o que nos garante haver uma dependência linear das medidas do pós teste em relação às do pré teste.

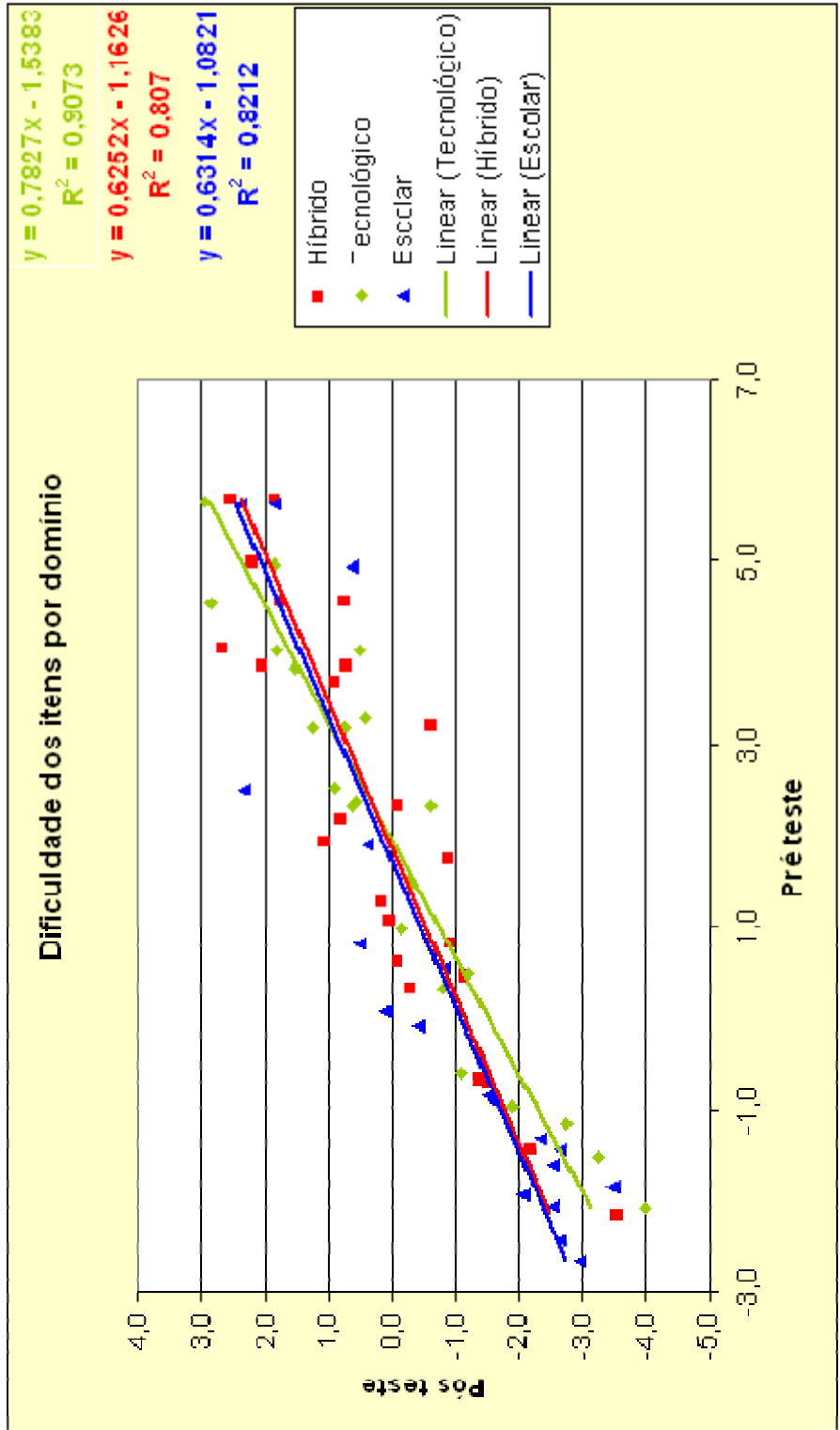


Gráfico 09: Pós Teste em função do Pré Teste

A função que expressa essa dependência é a função de reta:

$$Y = bX + C$$

Em nosso caso, Y é o valor da medida no pós teste, X a medida no pré teste, b o coeficiente de relação entre essas medidas e C uma constante. Nas equações de regressão, os coeficientes b menores que um nos revelam que as posições dos itens na escala de *logit* no pós teste não decresceram uniformemente em cada dimensão. De fato, se o coeficiente de inclinação fosse 1, isto indicaria um ganho (medida do pós-teste – medida do pré-teste) constante e negativo, revelando que cada item fica **igualmente** mais fácil no pós-teste. Entretanto, nem toda a variância é explicada pelas medidas no pré teste, o que significa que há diferenças entre os ganhos dos itens para cada domínio.

O progresso ou ganho é calculado pela diferença entre as medidas dos índices de dificuldade dos testes. Se Y é a medida no pós teste e X a medida no pré teste, então o ganho pode ser descrito como:

$$Y - X = bX - X + C$$

Substituindo os valores de b e C fornecidos pela regressão, temos que os ganhos em cada domínio são:

$$Y - X = -0,21X - 1,551 \quad \text{Domínio Tecnológico}$$

$$Y - X = -0,3738X - 1,698 \quad \text{Domínio Híbrido}$$

$$Y - X = -0,3678X - 1,0917 \quad \text{Domínio Escolar}$$

O fato do coeficiente de inclinação ser menor do que 1 em todas as equações indica que a medida inicial não explica todo o ganho, mas é

responsável por parte da explicação, já que a existência do coeficiente implica em dependência das variáveis (o ganho $Y-X$ e o entendimento prévio X). Isso quer dizer que pessoas com muito ou pouco conhecimento inicial devem obter resultados distintos após o estudo. O coeficiente nas equações é negativo, mostrando uma correlação negativa entre o conhecimento inicial e o ganho de entendimento: quem tem maior entendimento inicial aprende menos com o estudo da Unidade. A correlação negativa entre o ganho e o resultado do pré-teste é bem conhecido na literatura educacional e é base para muitos condenarem o uso de desenhos do tipo pré e pós-teste para mensuração dessa mudança. No entanto, Willet (1989) discute o assunto com profundidade, esclarecendo todos os pontos criticados. Ele nos alerta para sermos cautelosos na interpretação deste tipo de resultado.

O ganho médio no domínio Tecnológico foi **1,311**, no Híbrido **1,789** e no Escolar **1,178**. Nos domínios Tecnológico e Híbrido tivemos itens cujo índice de dificuldade aumentou, ao invés de diminuir. No primeiro foram 4 itens dessa natureza (14,8 % do total) e no segundo apenas 1 (4 % do total). Nesses casos, podemos dizer que o estudo da Unidade confundiu ou desviou o foco de atenção para o entendimento dos conteúdos. A caracterização dos itens que apresentaram esse comportamento é feita na seção seguinte.

Podemos dizer que, em geral, houve aprendizagem. Constatamos que ela ocorreu em maior proporção no domínio Híbrido, seguido do domínio Tecnológico e por fim o domínio Escolar.

CARACTERIZAÇÃO DOS ITENS

A análise do progresso na perspectiva do Ensino requer uma avaliação das tarefas em termos de estratégias que promovam a aprendizagem. Em nossa investigação lidamos com itens que apresentaram variação em termos de aprendizagem. Ou seja, alguns itens ficaram mais fáceis que outros, e esse padrão foi constatado para todos os domínios.

Com o intuito de verificar o fator que promoveu a aprendizagem em maior grau de determinados itens, inicialmente caracterizamos nosso conjunto de itens de acordo com 6 requisitos:

1 - Natureza Instrumental: os itens classificados como instrumentais foram aqueles que diziam respeito ao funcionamento ou descrição de um dispositivo.

2 - Complexidade do item: A complexidade foi avaliada em termos da natureza e quantidade de relações entre os elementos que o item compreende. O item foi classificado como mais complexo quando se referiu a um ou mais fenômenos cujas relações ou definições apresentaram nível mais profundo de entendimento. Três foram os níveis de complexidade: 1 - baixo, 2 - médio e 3 - alto.

3 - Natureza declarativa: procuramos avaliar se o item compreendia uma característica declarativa ou conceitual. Definimos a característica declarativa em termos de descrição, seja de um fenômeno ou instrumento. Quando o item se referiu a relações entre os conteúdos, ele foi classificado como conceitual, pois indica um entendimento mais estruturado.

4 - Nível de abordagem: avaliamos os conteúdos dos itens de acordo com a abordagem realizada para esses conteúdos no decorrer do estudo da Unidade.

O nível de abordagem diz respeito aos aspectos de um fenômeno ou dispositivo que foram enfatizados no estudo da Unidade. Se um fenômeno ou dispositivo foi estudado exaustivamente, com a mais completa abordagem possível em relação às suas características, o nível correspondente foi 3.

5 - Frequência de Estudo: classificamos os itens de acordo com a frequência de estudo de seus conteúdos no decorrer da aplicação da Unidade. Essa frequência foi avaliada pelo número de vezes em que o conteúdo foi reportado nas atividades, discussões e nos conteúdos, de forma explícita ou subjacente. Utilizamos como recurso na avaliação o próprio material e principalmente as anotações de caderno de bordo, onde estão registrados os assuntos discutidos em aula. Para essa característica também separamos os itens em três níveis, sendo o terceiro aquele em que o conteúdo do item foi retomado em mais ocasiões e oportunidades no decorrer do estudo (mais de 3 vezes). O segundo nível corresponde àquele em que o conteúdo foi estudado de 2 a 3 vezes e o primeiro nível foi determinado por apenas um momento de estudo.

6 - Conteúdo: classificamos cada item conforme seu conteúdo:

- a) **pti**: produção, transmissão e interpretação de sinais
- b) **dda**: descrição de dispositivo/artefato
- c) **exp**: explicação de processo
- d) **dec**: definição de conceito

O Quadro 11 apresenta como exemplo 4 itens categorizados. A partir dessa caracterização dos itens, fizemos uma análise dos grupos de cada fator. Para avaliar se os grupos realmente se diferem em cada classificação, fizemos o teste ANOVA. Nossos resultados mostram que para os fatores *complexidade do item*, *natureza instrumental*, *nível de abordagem*, *relação com o cotidiano* e

natureza declarativa, os grupos não diferem em relação à média de ganho (os itens separados por esses fatores possuem, em média, o mesmo ganho).

Item	Natureza Instrumental	Compl. do item	Natureza declarativa	Abordagem	Frequência de estudo	Conh. Cotidiano	Conteúdo
Em ambas as TVs o sinal é interpretado da mesma forma, mas o mecanismo de ativação dos pontos da tela vai depender do tipo de aparelho de TV.	1	2	1	nível 3	2	2	pti produção, transmissão e interpretação de sinais
Não devemos colocar metal no forno de microondas porque as ondas eletromagnéticas geradas por esse instrumento fazem os elétrons do metal oscilarem, provocando corrente elétrica e possível curto circuito.	1	3	1	nível 1	1	2	dda descrição de dispositivo/ artefato
Ondas mecânicas necessitam de um meio físico para se propagarem, enquanto as ondas eletromagnéticas não.	0	1	0	nível 2	2	1	dec definição de conceito
Os elétrons da antena transmissora oscilam e produzem onda eletromagnética, que carrega a informação.	0	1	1	nível 3	3	2	exp explicação de processo

Quadro 11: Exemplo de caracterização dos itens

Isso equivale a dizer que o fato de um item ser de natureza instrumental não é determinante para sua aprendizagem, ou que a característica declarativa de outro item não o distingue, em termos de melhor entendimento depois do estudo, de outro item de característica conceitual. Esse é um indício de que tais fatores não interferiram para aprendizagem dos itens no contexto de ensino da investigação.

Os fatores em que houve diferença entre os grupos ou categorias foram os de *freqüência de estudo* e *conteúdo*. Para esses fatores estar em um grupo específico significa ter um ganho diferente em relação aos outros.

A média de ganho dos itens que não foram abordados em muitas ocasiões, ou seja, de baixa freqüência de abordagem, foi **0,619**. A média de ganho dos itens de razoável freqüência de abordagem foi de **1,295** e o de alta

freqüência de abordagem **2,175**. A tabela 03 e o gráfico 10 mostram os grupos de freqüência de estudo em cada domínio e as medidas do ganho de acordo com a freqüência, respectivamente.

Grupos de Freqüência de Estudo por Domínio					
		Domínio			
		E	H	T	Total
Grupos de freqüência de estudo	1	8	5	0	13
	2	6	13	17	36
	3	5	7	10	22
Total		19	25	27	71

Tabela 03- Grupos de Freqüência de Estudo por Domínio

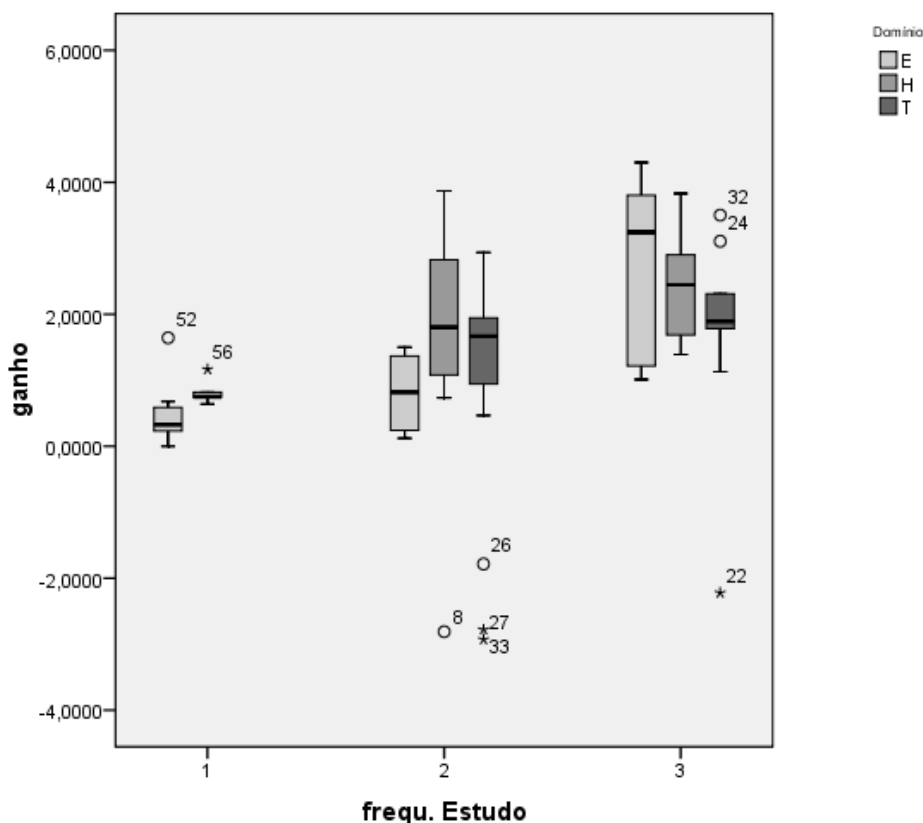


Gráfico 10- Grupos de Freqüência de Estudo por Domínio

A maioria dos itens do domínio Escolar teve baixa freqüência de abordagem, enquanto não houve incidência de nenhum item do domínio Tecnológico nessa categoria. Os itens do domínio Híbrido e Tecnológico

tiveram maior representatividade na categoria de média freqüência de abordagem, ou seja, foram revisitados pelo menos mais de uma vez durante o estudo da Unidade.

O ganho é maior para os itens estudados mais vezes em todos os domínios. Em especial, no conjunto geral desses itens, os do domínio escolar apresentaram maior ganho. Ou seja, em relação à abordagem, os itens escolares que foram recorrentes como os itens dos outros domínios apresentaram maior aprendizagem. Para os itens de baixa freqüência de abordagem ou média freqüência, houve maior ganho no domínio Híbrido.

Em relação aos conteúdos, a tabela 04 nos mostra a média de ganho dos agrupamentos de itens. A tabela 05 nos fornece a quantidade de itens em cada domínio.

Média do ganho dos itens das Categorias de Conteúdo		
Característica do item referente ao conteúdo	Número de itens	Média
<i>exp</i> : explicação de processo	15	2,236800
<i>dec</i> : definição de conceito	16	0,696750
<i>dda</i> : descrição de dispositivo/artefato	21	1,994143
<i>pti</i> : produção, transmissão e interpretação de sinais	19	0,837789

Tabela 04: Descrição dos itens de acordo com o conteúdo

Grupos de Conteúdo por Domínio						
		Grupos de Conteúdo				
		dda	dec	exp	pti	Total
Domínio	E	1	14	4	0	19
	H	17	2	2	4	25
	T	3	0	9	15	27
	Total	21	16	15	19	71

Tabela 05: Grupos de Conteúdo por domínio

Em relação aos conteúdos, os itens sobre explicação de processo, físico ou fenomenológico, foram os que tiveram maior ganho, seguido dos itens de descrição de dispositivo, itens sobre produção, transmissão e interpretação de sinais e por último os itens de definição conceitual.

O domínio que compreendeu maior número de itens de definição de conceito foi o Escolar, sendo o Híbrido predominantemente de descrição de dispositivo e o tecnológico de itens relacionados ao processo de produção, transmissão e interpretação de sinais. Essa perspectiva em relação aos itens refina a idéia dos domínios. Eles ficam mais definidos para os itens em termos dos conteúdos específicos, nos reportando a idéia intrínseca da definição de cada domínio em especial. Sendo assim, podemos dizer que os itens do domínio Escolar são em sua essência itens que exigem uma habilidade conceitual mais elevada, uma capacidade em abstrair os conteúdos de maneira a estabelecer relações no processo de conceitualização. Os itens do domínio Tecnológico, por outro lado, estão estritamente relacionados à visão do processo como um todo e à explicação de cada processo em particular, sem a preocupação com definições. O Híbrido, por final, está mais relacionado à explicação de dispositivo: ele integra tanto a visão geral de funcionamento como conhecimentos específicos de conceitos.

Alguns itens do domínio Tecnológico e um do domínio Híbrido apresentaram ganho negativo. Eles dizem respeito à produção, transmissão e recepção de sinais ou à descrição de dispositivo. Pertencem à categoria de média ou alta frequência de abordagem. Esse resultado certamente contraria o esperado, pois itens dessa natureza deveriam ter um alto ganho. Isso pode ter ocorrido devido a dois fatores: i) tais itens possuem uma característica em

comum: são muito gerais ou muito fáceis, o que pode ter comprometido a análise do ponto de vista da metodologia empregada¹²; ou ii) houve realmente confusão dos estudantes em relação aos conteúdos dos itens que apresentaram tal característica, o que promoveu um baixo ganho.

Nenhuma dessas possibilidades foi investigada. Contudo, acreditamos que tal resultado não compromete nossa análise porque somente 5 itens no universo de 71 apresentaram essa característica, além de terem os mesmos padrões que os outros itens em relação a todas as análises.

FATORES QUE INFLUENCIAM NO PROGRESSO

Outra forma de avaliar se os fatores identificados na caracterização dos itens influenciam no ganho de entendimento desses itens foi feita pela análise de Regressão Múltipla¹³ (RM). Nesse tipo de análise uma série de variáveis independentes são testadas como preditores para explicar uma proporção da variância da variável dependente, em um certo nível de significância (R^2).

Primeiramente, alguns termos são avaliados enquanto possíveis elementos provocadores de efeito de mudança na explicação de uma variável específica. Essa avaliação é feita levando-se em consideração os pesos do índice β (beta). Em seguida, esses termos são adicionados como variáveis independentes no modelo para explorar os efeitos na curva, o que determina a variável dependente. A cada adição de uma variável independente a significância da mudança no modelo é avaliada (R^2). Através do teste de

¹² Menos pessoas classificadas nessa categoria representa um baixo índice de acerto o que, para as questões abertas, não é o que necessariamente ocorre.

¹³ A Regressão/Correlação Múltipla (RM) é um procedimento de análise de dados baseado no critério dos mínimos quadrados, que determina as relações lineares entre um conjunto de preditores e um único critério, determinando qual a melhor combinação do conjunto de preditores para prever esse critério singular.

significância de dois ou mais modelos, obtemos um bom parâmetro para determinar qual o modelo em que a adição da variável independente explica a maior parte da variância na variável dependente.

As variáveis independentes adicionadas aos modelos são consideradas como coeficientes, podendo ser usadas para construir equações de predição e gerar escores previstos na variável de análise. Assim, a equação de Regressão Múltipla toma a forma $y = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + c$, onde os b 's são os coeficientes de regressão, representando a quantidade em que a variável dependente muda quando a correspondente variável independente muda de 1 unidade. O c é uma constante, onde a linha de regressão intercepta o eixo y , representando o valor da quantidade de variável dependente quando a variável independente é 0.

Apesar de não termos verificado diferença de média dos grupos dos fatores *complexidade do item*, *natureza instrumental*, *nível de abordagem*, *relação com o cotidiano* e *natureza declarativa*, eles foram incluídos como possíveis preditores no ganho dos itens.

Para cada grupo analisado verificamos ainda a correlação entre as variáveis independentes (teste de ausência de multicolinearidade) e fizemos a análise dos resíduos, verificando a normalidade da distribuição, a homocedasticidade e a linearidade.

A estatística *Durbin-Watson* também foi avaliada. Ela se refere a um teste para verificar se o pressuposto de observações independentes é encontrado, ou seja, testar se há presença de autocorrelação. A multicolinearidade foi avaliada pelos índices *Auto-valor* e *VIF* nas tabelas de

saída de dados. A normalidade foi verificada pelos gráficos *Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual*.

O teste de correlação considerando a variável dependente como o ganho nos índices de dificuldade dos itens indicou que as variáveis independentes apresentam baixa correlação (Tabela 06). Esse resultado favorece o pressuposto da Regressão Múltipla de ausência de multicolinearidade, e foi avaliado com estatísticas específicas para escolher o modelo de melhor ajuste em relação aos preditores das variáveis dependentes.

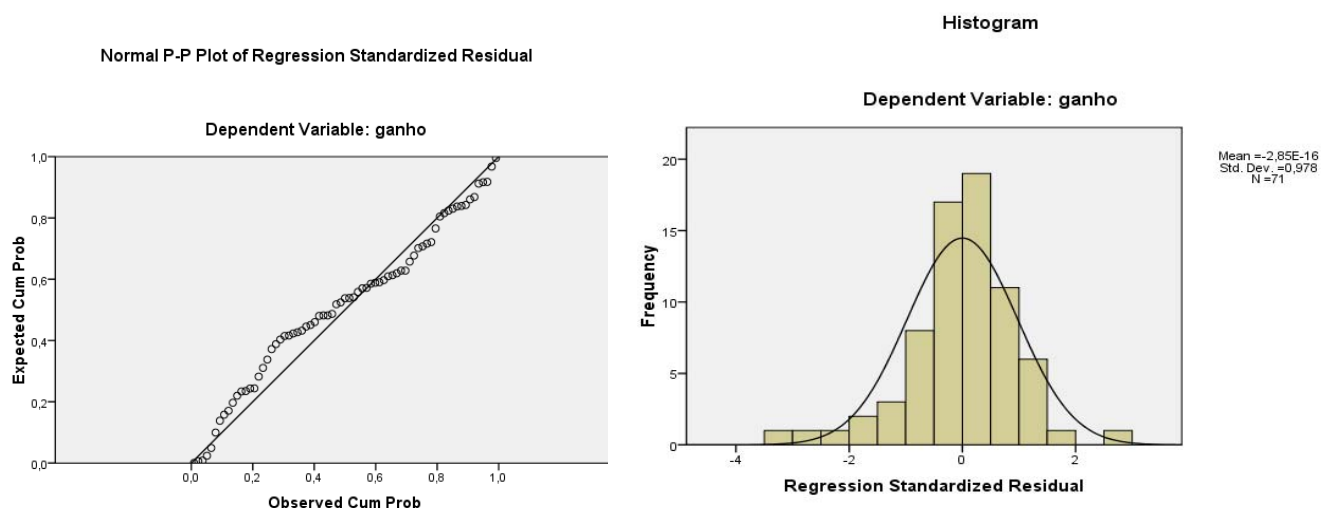
Tabela 06 Coeficientes de correlação (r) entre as variáveis da análise de regressão múltipla para o ganho dos índices de dificuldade dos itens

	ganho	domT	domH	domE	instru	compl	compl	compl	declar	concei	abord	abord	abord	frea1	frea2f	frea3	Conhc	Conhc	Conhc	exp	nti	dda	dec
ganho	1.000																						
domT	-.069	1.000																					
domH	.169	-.577	1.000																				
domE	-.106	-.474	-.446	1.000																			
instrum	.101	-.092	.506	-.446	1.000																		
complexit1	.223	-.076	-.031	.116	-.092	1.000																	
complexit2	-.071	.035		-.066	.086	-.670	1.000																
complexit3	-.202	.004	.032	-.039	.032	-.371	-.405	1.000															
declarativo	.094	-.129	.114	.019	-.064	.339	-.167	-.244	1.000														
conceitual	-.094	.129	-.114	-.019	.064	-.339	.167	.244	-1.000	1.000													
abord1	-.206	-.298	-.015	.343	-.192	.138	-.069	-.071	-.006	.006	1.000												
abord2	-.158	-.015	-.113	.138	-.046	-.015	.063	-.122	-.045	.045	-.230	1.000											
abord3	.284	.217	.112	-.358	.173	-.080	-.010	.158	.045	-.045	-.472	-.749	1.000										
frea1	-.259	-.371	.032	.372	-.120	.079	-.110	.058	.050	-.050	.805	.043	-.587	1.000									
frea2	-.100	.192	.019	-.231	.196	-.098	.102	-.043	-.130	.130	-.386	.214	.069	-.480	1.000								
frea3	.325	.103	-.048	-.061	-.111	.040	-.018	-.002	.099	-.099	-.255	-.267	.416	-.317	-.680	1.000							
conhcot1	-.157	-.297	-.134	.470	-.199	.025	-.029	.027	-.017	.017	.138	.046	-.135	.189	-.009	-.149	1.000						
conhcot2	.101	.040	.099	-.151	.276	-.134	.069	.043	-.211	.211	.048	-.023	-.011	-.030	.071	-.051	-.617	1.000					
conhcot3	.048	.272	.026	-.326	-.115	.133	-.052	-.081	.271	-.271	-.205	-.021	.159	-.168	-.075	.222	-.338	-.532	1.000				
exp	.272	.234	-.237	-.001	-.309	-.121	-.024	.112	.038	-.038	-.197	-.157	.276	-.156	-.249	.399	-.094	-.027	.134	1.000			
nti	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	1.000		
dda	.237	-.317	.621	-.322	.685	.001	.070	-.067	.073	-.073	-.154	-.113	.207	-.067	.083	-.034	-.063	.163	-.128	-.335	.0000	1.000	
dec	-.267	-.423	-.256	.740	-.398	.133	-.052	-.081	.135	-.135	.605	.131	-.530	.529	-.142	-.289	.412	-.127	-.291	-.279	.0000	-.350	1.000

A normalidade da distribuição pode ser constatada pelos Gráficos *PP-plot* 11. Eles não nos dão qualquer indicação que contrarie o pressuposto da normalidade dos resíduos e os gráficos de dispersão dos resíduos em função dos valores preditos estandardizados mostram-se bastante aleatórios, validando o pressuposto de homocedasticidade.

Os modelos testados não incluíram variáveis independentes que foram adicionadas ou removidas pelo programa, através do método *stepwise*. Dessa forma, nem todas as variáveis são incluídas nos possíveis modelos explicativos, embora todas tenham sido testadas.

Gráfico 11: P-P Plot of Regression Standardized Residual e Scatterplot para o Ganho nos Itens



Pela análise de Regressão obtemos o sumário dos modelos. Para o ganho dos itens esse sumário está reportado na tabela 07. Na tabela temos o R^2 ajustado e seu erro padrão estimado (SEE), F e o nível de significância correspondente, e ainda a estatística *Durbin-Watson*. O R^2 ajustado se refere à porcentagem da variância da variável dependente que as variáveis independentes de um modelo explicam. Os modelos preditores estão especificados pelos números 1, 2, 3 e 4. A estatística *Durbin-Watson* deve

estar entre 1,5 e 2,5, significando que para uma estimativa entre esses valores devemos rejeitar a hipótese de que o dado é autocorrelatado (muito dependente) e assumir independência das observações. No caso do ganho dos itens, essa estatística é $W=2,232$, dentro da expectativa de independência das observações.

A avaliação do melhor modelo de ajuste é feita baseando-se no quanto é mudada a porcentagem da variância explicada no R^2 ajustado¹⁴.

Tabela 07. Modelos das Regressões Múltiplas para os Ganhos nos Itens.

Modelos	R^2 Ajustado	Erro	F Change	Sig. F	Durbin- Watson
1- Ganho= $B_0 + B_1 \text{Freq.3}$	0,093	1,4472349	8,137	0,006	
2- Ganho= $B_0 + B_1 \text{Freq.3} + B_2 \text{dda} +$	0,142	1,4069695	5,006	0,029	
3- Ganho= $B_0 + B_1 \text{Freq.3} + B_2 \text{dda} + B_3 \text{exp}$	0,200	1,3592291	5,861	0,018	
4- Ganho= $B_0 + B_1 \text{Freq.3} + B_2 \text{dda} + B_3 \text{exp} + B_4 \text{complex1}$	0,256	1,3104257	6,083	0,016	2,232

Variável dependente: Ganho de dificuldade dos itens

Entraram como preditores para o ganho nos itens a freqüência de estudo (nível 3), o conteúdo relativo a descrição de dispositivo/artefato, o conteúdo de explicação de processo e o nível de complexidade 1 do item. Esses preditores explicam apenas 25,6% da variância, não correspondendo, do ponto de vista estatístico, à explicação principal da variação no ganho dos itens.

A equação do ganho é construída escrevendo-se os índices de cada variável independente, dados pela tabela de coeficientes dos modelos:

$$\text{Ganho} = 0,325 + 0,611 \text{freq.3} + 1,189 \text{dda} + 1,291 \text{exp} + 0,801 \text{complex.1}$$

(0,266) (0,371) (0,365) (0,450) (0,325)

¹⁴ Para quantificar a porcentagem da variância das variáveis dependentes explicada pelas independentes é usado o R^2 ajustado e não o R^2 , porque este último não é sensível à quantidade de variáveis independentes incluídas na regressão.

Dessa forma, a regressão nos indicou que a alta frequência de estudo dos conteúdos é o principal fator de explicação de uma pequena porcentagem do ganho, seguida da natureza do conteúdo: itens que se referiram à descrição de dispositivo foram mais aprendidos, seguidos de itens sobre explicação de processo. Itens de menor complexidade também foram mais bem aprendidos, embora esse seja um fraco preditor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção analisamos o progresso do entendimento dos estudantes do ponto de vista do ensino, tomando-se como parâmetro a mudança no índice de dificuldade de itens pertencentes a três domínios do conhecimento.

Nosso primeiro resultado é que o “ganho” nos itens decorrente do estudo da Unidade é explicado, mas apenas em parte, pela medida inicial dos índices de dificuldade. Essa é uma evidência razoável do ponto de vista educacional, pois pessoas com conhecimentos iniciais distintos deverão ter resultados diferentes após a intervenção. O resultado aponta ainda para uma dependência negativa entre os índices dos itens medidos no primeiro momento e o “ganho”. Esse é o primeiro indício que a instrução foi mais favorável ao progresso do entendimento de conteúdos pouco familiares: quanto maior o entendimento inicial, menor o “ganho” em cada domínio.

Constatamos que a instrução favoreceu a aprendizagem de conteúdos tanto do domínio Tecnológico como do Escolar e também do Híbrido. Ela foi mais significativa para o último domínio, em que a modificabilidade média ou o ganho médio foi maior. O domínio onde houve menor aprendizagem foi o Escolar, sendo esse resultado evidenciado pelo menor valor do ganho médio

dos itens. Podemos interpretar esse resultado como sendo um indício de que o ensino mais geral, que contempla uma gama maior de domínios de conhecimento, favorece mais o aprendizado de conteúdos hibridizados, não específicos de uma ou outra área. Ou seja, a Unidade possibilitou mais o aumento do entendimento que relaciona os conteúdos dos dois domínios (Escolar e Tecnológico) do que o aprofundamento no entendimento de conteúdos formais e especializados.

Constatamos que, do ponto de vista das características dos itens, os únicos fatores que apresentaram uma parcela de influência foram a frequência de abordagem dos conteúdos desses itens e a própria natureza do conteúdo.

Os itens que apresentaram conteúdos estudados em poucas ocasiões apresentaram significativamente menor ganho. Dentre eles, os do domínio Escolar representam a maioria. Contudo, quando identificados os itens desse domínio no conjunto de itens de alta frequência de abordagem, eles são os que apresentaram ganho médio maior. Isso significa que, dentre os itens escolares, a maior parte foi classificada na categoria de baixa frequência, que apresentou o menor ganho médio; mas quando olhamos para a categoria de alta frequência, os itens do domínio escolar se sobressaíram em termos de ganho.

Esse pode ser um fator importante para explicar a menor aprendizagem constatada para o domínio Escolar, além de ser um indício de que, quando abordados com frequência, os conteúdos desse domínio são mais aprendidos. Entretanto, pela análise de regressão múltipla, verificamos que a parcela da variância explicada pelo fator frequência de abordagem é muito baixa. Seria necessária uma investigação mais cautelosa desse efeito para que as interpretações sobre o resultado fossem mais embasadas.

Ao analisarmos os conteúdos dos itens, constatamos que os itens conceituais fazem parte do conjunto de itens escolares, os que se relacionam a processos são em sua essência tecnológicos e aqueles em que há explicação de princípios de dispositivos pertencem ao domínio Híbrido. Verificamos que esses itens possuem médias de ganho significativamente distintas, e a regressão múltipla indicou que itens relacionados a processo explicam mais o quanto o ganho varia. Esse resultado corrobora a evidência constatada no modelamento de que os itens analisados possuem realmente naturezas distintas, pois compreendem especificidades típicas de diferentes áreas do conhecimento.

Alguns itens do domínio Tecnológico e Híbrido apresentaram ganho negativo, o que pode ser um indicativo de confusão em relação aos conteúdos que eles abordam. Entretanto, esse fator não foi investigado.

PROGRESSO SEGUNDO A *PERFORMANCE* DOS SUJEITOS

Para analisarmos o progresso em termos das características da população investigada, utilizamos o modelo em que a modificabilidade foi avaliada na proficiência. Esse modelo supõe que os parâmetros dos itens ficam constantes no tempo e as pessoas têm um “ganho” de proficiência em virtude da instrução dada.

Os parâmetros das pessoas foram computados pelo programa nas duas ocasiões de medida e, da mesma forma que feito para os itens, avaliamos o progresso pela diferença desse parâmetro de uma ocasião para a outra.

A estimativa é feita para cada domínio do modelo adotado. Dessa forma, obtivemos um valor para a proficiência no domínio Tecnológico, outro para o domínio Híbrido e outro para o Escolar, o que nos permitiu comparar o progresso nas três áreas do conhecimento.

De uma forma geral podemos sistematizar essa análise em 4 passos: Primeiramente, investigamos como foi o ganho para cada sujeito da amostra com o intuito de buscar padrões de progresso. Em seguida, fizemos uma análise exploratória dos perfis de ganho para caracterizar cada grupo de progresso. Depois, analisamos a proficiência das pessoas em cada ocasião para verificar se houve mudança no perfil de entendimento de acordo com os domínios e para finalizar verificamos quais variáveis contribuem de maneira significativa no progresso do entendimento, através dos testes de regressão múltipla. A seguir, relatamos cada uma dessas análises, iniciando com uma seção sobre a aquisição da escala intervalar para avaliarmos o progresso, onde explicitamos a escolha pela utilização da escala de proficiência ao invés da escala de escore bruto.

ESCORE BRUTO X PROFICIÊNCIA

Os dados para análise do progresso foram obtidos das respostas aos testes de conhecimento. Nossa matriz de dados compreendeu todas as respostas que os estudantes deram aos itens, inseridas na forma dicotômica. Dessa maneira tivemos, *a priori*, o escore bruto em relação aos índices de erros e acertos no teste.

O escore bruto em um teste é, por si só, uma medida ordinal: não temos garantia de que as diferenças entre os valores são as mesmas. Ou seja, na

escala formada pelos escores temos acesso somente à informação da magnitude dos elementos (qual é menor e qual é maior), sem ter como mensurar se as diferenças são as mesmas para dois pontos eqüidistantes.

Para efeito de comparação entre valores de medida, é interessante que tenhamos uma escala intervalar. Esse tipo de escala mantém a correspondência das diferenças entre os pontos, o que permite fazer comparações quantitativamente precisas entre dois valores. Para melhor compreender a diferença entre uma variável medida na escala intervalar e outra na escala ordinal, tomemos o exemplo que MARTINS (2004) descreve:

“Suponha que tenhamos que ordenar um conjunto de dez objetos, designados por letras de A a J, em ordem crescente de temperatura. Podemos fazer isso usando nosso julgamento subjetivo de sensação de quente e frio. Para isso tocamos com as mãos, simultaneamente, um par de objetos, por exemplo, os objetos A e B. Se julgarmos que B está mais quente do que A, podemos comparar A com os demais objetos até localizar o que está mais frio, segundo nossa sensação de quente e frio. Após localizar o objeto mais frio prosseguimos ordenando os objetos até produzirmos o ordenamento pretendido. Se ao final obtivermos a seguinte seqüência, na ordem crescente de temperatura, (A, C, E, B, J, H, I, D, G, F), podemos afirmar coisas tais como: o objeto F é o de maior temperatura; o objeto J tem temperatura maior do que o corpo E e menor do que o objeto I. Mas não podemos afirmar, por exemplo, que a temperatura do objeto E (o terceiro na lista) é a metade da temperatura do objeto H (o sexto da nossa lista).”(p. 52)

A escala que produzimos através dos sentidos é uma escala ordinal, que situa os objetos em ordem de acordo com nosso julgamento; não podemos diferenciar, em termos de valores, a temperatura. Por outro lado, se usarmos um termômetro poderemos identificar não só a ordem de valores de temperatura como também as diferenças entre esses valores; nesse caso, teríamos uma escala intervalar.

O modelamento dos dados de acordo com o Modelo *Rasch* Multidimensional nos fornece uma transformação de escala ordinal ou subescalas ordinais de escores em escalas intervalares de medida, as

proficiências que formam o perfil de entendimento de cada estudante. Os valores são estimados por algoritmos específicos do programa¹⁵, e o processo consiste em aproximações sucessivas dos valores esperados aos valores encontrados para os parâmetros dos itens e das pessoas.

Optamos por utilizar a proficiência ao invés do escore bruto porque este não nos garante que a diferença de entendimento de um aluno que tirou 8 e outro que tirou 6 em um teste seja a mesma de um aluno que tirou 5 e outro que tirou 3; o intervalo “2” não tem o mesmo significado nessa escala. Por outro lado, a proficiência é, por natureza, uma variável intervalar, pois as diferenças entre os valores correspondem, de fato, às diferenças de habilidade. Dessa forma, enquanto que com o escore temos apenas uma ordenação de desempenho, com a proficiência temos, além dessa ordenação, a possibilidade de identificar diferenças entre seus valores.

Existe uma correspondência entre as medidas estimadas e os valores dos escores. Os gráficos 12, 13 e 14 mostram a relação entre a medida de proficiência e o escore bruto calculados pela nossa amostra. Eles correspondem, respectivamente, às dimensões Tecnológica, Híbrida e Escolar.

¹⁵ O algoritmo utilizado pelo CONQUEST é o EM (Dempster, Laird and Rubin, 1977). O ajuste é descrito no capítulo 12 do manual desse programa. Os procedimentos são complexos, envolvendo cálculos de integrais que representam densidades de distribuições. Há sucessivas interações para cálculo de aproximação de valores esperados aos observados. Os procedimentos envolvem a avaliação, em cada iteração, de várias integrais que subtendem as distribuições dos parâmetros. Os métodos utilizados para avaliar essas integrais são a quadratura gaussiana ou a aproximação de Monte Carlo (MANUAL DO CONQUEST, 2007).

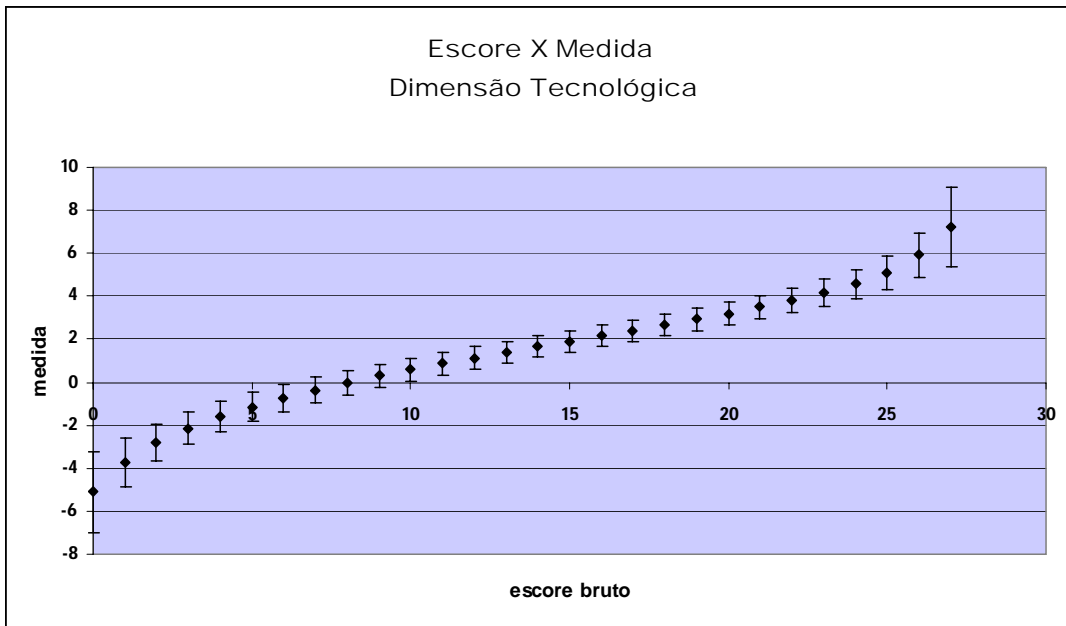


Gráfico 12: Relação entre Escore Bruto e Medida de Proficiência para a Dimensão Tecnológica

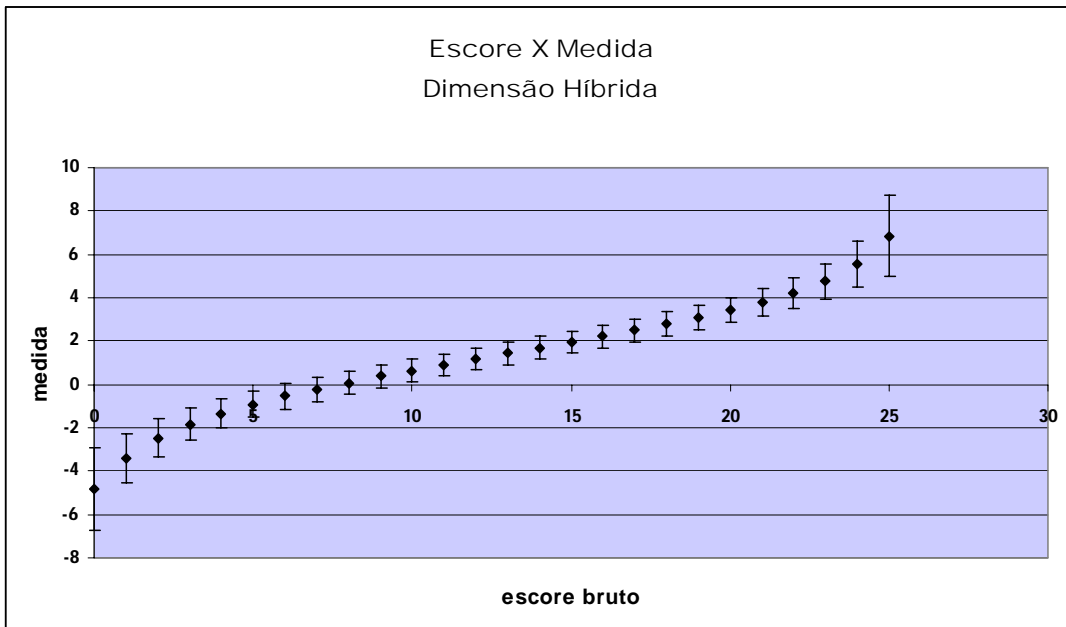


Gráfico 13: Relação entre Escore Bruto e Medida de Proficiência para a Dimensão Híbrida

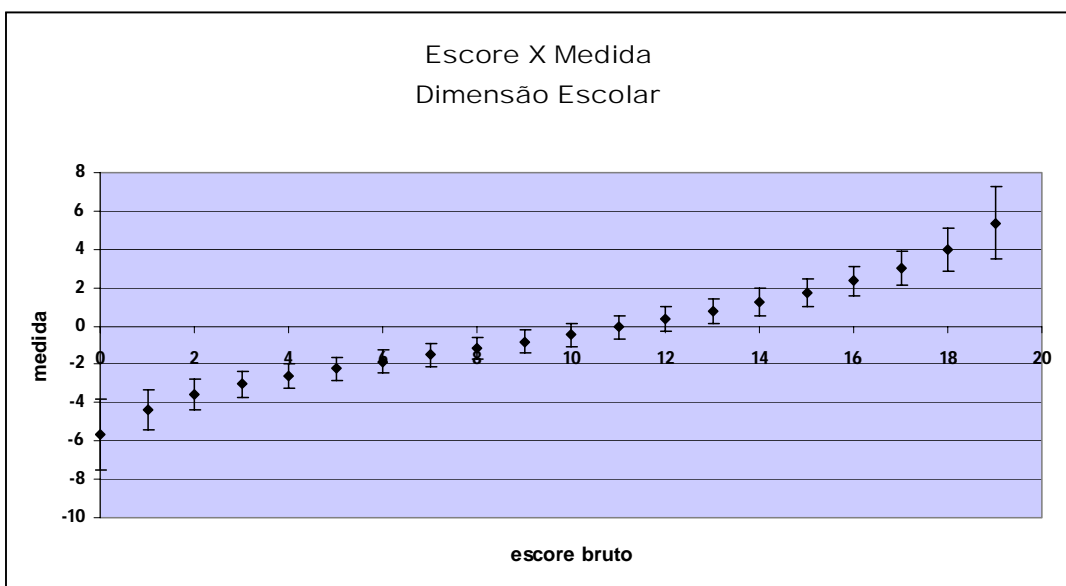


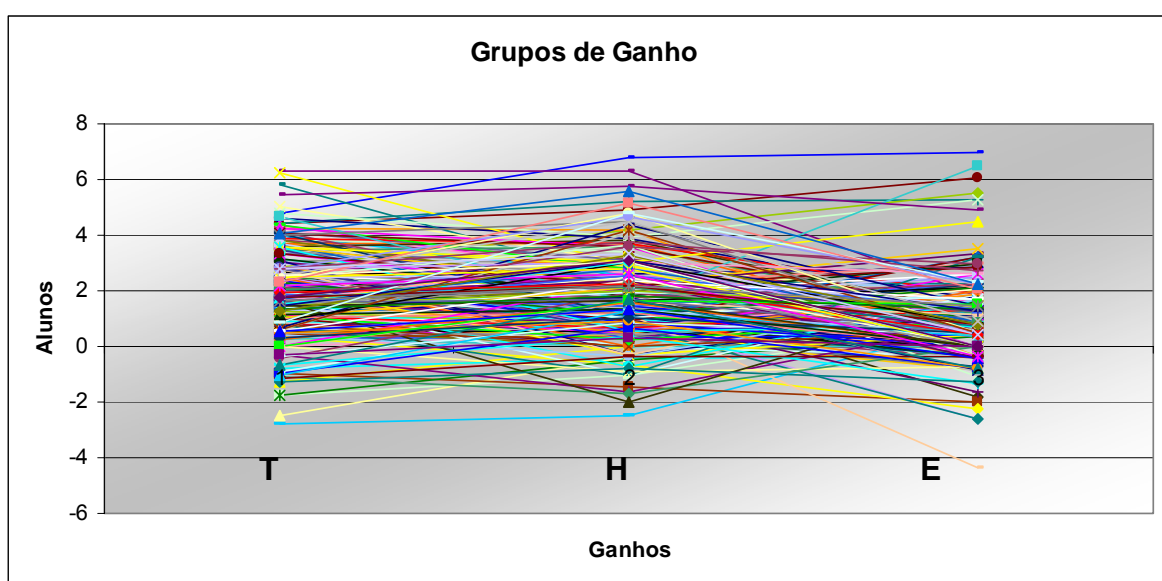
Gráfico 14: Relação entre Escore Bruto e Medida de Proficiência para a Dimensão Escolar

Podemos observar que essa relação não é linear, ela diz respeito a uma função logística em que a transformação se mostra mais precisa para valores na região mediana. Para valores extremos do escore há mais erro de medida (evidenciado pelo aumento das barras de erro nas extremidades). O formato do gráfico mostra que as diferenças entre os valores dos escores não são mantidas para as diferenças dos valores das medidas das proficiências, o que evidencia a distinção entre as escalas.

GRUPOS DE PROGRESSO

As características da aprendizagem foram avaliadas em função do ganho na proficiência que os sujeitos da pesquisa apresentaram de uma ocasião de medida para outra.

Inicialmente, procuramos traçar o perfil de ganho de toda a amostra (221 estudantes). Esse perfil consiste em descrever uma trajetória que resuma como foi o ganho nos três domínios, em termos de valores relativos da diferença de proficiência. O Gráfico 15 mostra as trajetórias de ganho para todos os sujeitos.



Gráficos 15- Grupos de Ganho para todos os sujeitos da amostra.

Esse gráfico nos indica que não houve um mesmo padrão de ganho: cada estudante teve um perfil diferenciado. A aprendizagem não ocorreu do mesmo jeito para os participantes da pesquisa. Alguns demonstraram um maior ganho em conteúdos escolares, enquanto que para outros o ganho maior foi no entendimento de conceitos tecnológicos ou híbridos. Além disso, a ordem dos ganhos não se manteve.

Quando a amostra foi separada por série, obtivemos o mesmo resultado. Isso quer dizer que tanto os alunos do primeiro ano como os do terceiro aprenderam de maneira diferenciada os conteúdos de cada domínio de conhecimento.

Diante da diversidade de perfis de progresso, nosso foco se voltou para a busca de agrupamentos de sujeitos cujos gráficos demonstrassem um mesmo padrão. Inicialmente, identificamos 4 grupos avaliando o formato dos gráficos. Após análise dos valores das medidas aumentamos o número para 6 grupos de progresso, conforme mostram os gráficos no Anexo 11.

O grupo 1 se caracteriza pelos valores crescentes dos ganhos, do domínio Tecnológico para o Híbrido e desse para o Escolar. É composto por um total de 20 estudantes, sendo 85% do primeiro ano e 15% do terceiro; 35% meninas e 50% meninos e 3 estudantes não identificados em relação a gênero.

O grupo 2 apresenta uma ordem decrescente dos ganhos conforme a passagem do domínio Tecnológico para o Híbrido e depois para o Escolar. Possui um total de 83 alunos, onde 43,4% são do primeiro ano e 56,6% são do terceiro, sendo essa a porcentagem também para meninas e meninos, respectivamente.

No grupo 3 temos um total de 23 sujeitos: 73,9% do primeiro e 26,1% do terceiro ano, sendo 34,8% do sexo feminino e 60,9% do sexo masculino e 1 estudante que não conseguimos identificar o gênero. Esse grupo tem o ganho no domínio Híbrido menor que o do Tecnológico e esse menor que o Escolar.

Para o grupo 4 temos o ganho no Híbrido menor que o Escolar e esse menor que o Tecnológico. Possui 26 sujeitos, dos quais 61,5% estão no primeiro ano e 38,5% no terceiro; 30,8% meninas e 53,8%, sendo 1 não identificado.

O grupo 5 tem o ganho Híbrido maior, seguido do Escolar e depois do Tecnológico. Tem 65% dos componentes no primeiro ano e 35% no terceiro, sendo essa mesma porcentagem para o gênero masculino e feminino, respectivamente.

No grupo 6 o ganho no Híbrido é maior, seguido do Tecnológico e depois do Escolar. Nesse grupo temos 42,9% dos integrantes no primeiro ano e 57,1 % no terceiro. 44,9 % são meninas e 53,1% meninos.

O perfil dos grupos de ganho ou de progresso pode ser resumido e mais facilmente visualizado pelo Gráfico 16.

Como obtivemos um valor da proficiência para cada domínio, testamos se os grupos de ganho dentro desses domínios são realmente diferentes (se a média do ganho difere significativamente do ponto de vista estatístico). Esse procedimento nos permite definir com maior precisão os perfis em cada domínio.

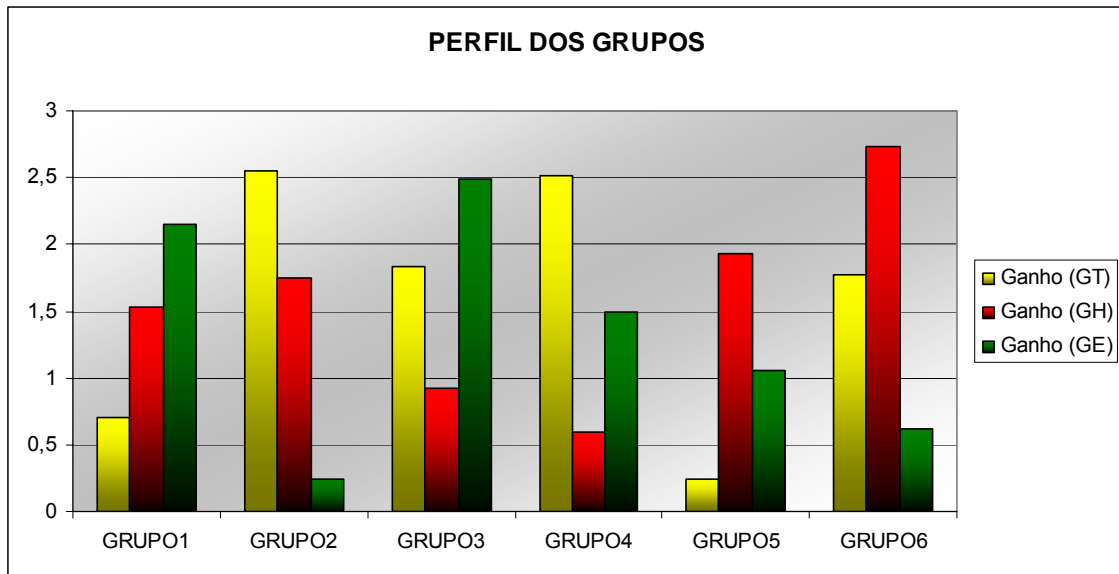


Gráfico 16: Perfil dos Grupos de Progresso

Na tabela 08 estão descritas as duas principais medidas dos grupos: a média e o desvio padrão.

O Grupo 1 é caracterizado por: **GT < GH < GE**. Ou seja, o ganho médio Tecnológico 0,380 (*SD*=2,02) é menor que o ganho médio Híbrido 1,165 (1,961) e este é menor que o ganho médio Escolar 1,815 (*SD*=1,817).

No Grupo 2 (**GE < GH < GT**) temos o ganho médio Tecnológico 2,631 (*SD*=1,428) maior que o ganho médio Híbrido 1,838 (*SD*=1,369) e esse maior que o ganho médio Escolar 0,326 (*SD*=1,346).

A característica **GH < GT < GE** define o Grupo 3, no qual o ganho no domínio Escolar 2,049 (*SD*=1,444) supera o ganho no domínio tecnológico 1,8344 (*SD*=1,397) e este é maior que o ganho no domínio Híbrido 0,929 (*SD*=1,418).

		Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4		Grupo 5		Grupo 6	
Variáveis		Média dos Valores	Desvio Padrão	Média dos Valores	Desvio Padrão	Média dos Valores	Desvio Padrão	Média dos Valores	Desvio Padrão	Média dos Valores	Desvio Padrão	Média dos Valores	Desvio Padrão
Tempo 1	Prof. 1 Tecnológica	-1,6247	,993777	,213307	,838096	-,08392	,7129477	-,681502	,5967250	-1,6279	2,018769	-1,11488	1,142592
	Prof. 1 Híbrida	-,831367	,876528	-,341956	,784885	-1,16848	,9241109	-1,26987	,5860390	-1,15109	2,06263	,046214	1,093208
	Prof.1 Escolar	-,05652	,912370	-,88323	,791466	-,553570	,6674227	,008236	,5915752	-2,0174	2,257893	-,40101	,8939046
Tempo 2	Prof. 2 Tecnológica	1,17383	1,737801	2,76738	1,27810	2,25996	1,363801	1,17521	1,719032	2,03329	1,403016	1,24081	1,364412
	Prof.2 Híbrida	1,72272	1,494660	1,86497	1,18304	1,10599	1,262089	,312865	1,159331	2,62539	1,350398	2,24069	1,721664
	Prof.2 Escolar	1,86174	1,662849	,150315	1,19314	1,33894	1,705179	1,44441	1,225659	,701461	1,065077	1,15671	1,617504
Ganho	Ganho Tecnológico	,380861	2,020880	2,63132	1,42818	1,83490	1,397044	2,51237	,9745446	,240537	,9451265	1,77923	1,070718
	Ganho Híbrido	1,16490	1,961779	1,83824	1,36903	,928987	1,418055	,592784	,9978293	1,92804	1,495535	2,73568	1,204422
	Ganho Escolar	1,81518	1,816929	,325645	1,34605	2,48828	1,444342	1,49577	1,053320	1,05428	1,120683	,620229	1,047646

Tabela 08- Média e Desvio Padrão dos Grupos de Proficiência e de Ganho

O Grupo 4, em que temos $GH < GE < GT$, o ganho no domínio Tecnológico 2,512 ($SD=0,9754$) é maior, seguido do ganho no domínio Escolar 1,496 ($SD=1,053$) e por fim o ganho no domínio Híbrido 0,592 ($SD=0,998$).

O Grupo 5 apresenta o perfil $GT < GE < GH$, sendo o ganho médio no Tecnológico 0,2405 ($SD= 0,945$) menor que o do Escolar 1,0542 ($SD=1,120$) e esse menor que o do Híbrido 1,928 ($SD=1,496$).

Para o Grupo 6 o ganho no Híbrido 2,736 ($SD=1,204$) também é maior, mas nesse caso é seguido do Tecnológico 1,779 ($SD=1,070$) e por último o Escolar, demonstrando o padrão $GE < GT < GH$.

O teste de Análise da Variância (ANOVA) e as comparações múltiplas dos ganhos de proficiência foram realizados para testar quais grupos diferem entre si em cada domínio. As tabelas de saída dessa análise estão no Anexo 05.

No domínio Tecnológico a ANOVA nos indicou que há diferenças significativas entre os grupos ($F=17,495$, $df=220$, $p=0,000$). Como a distribuição da população testada não apresenta normalidade, o teste mais robusto de Levene¹⁶ foi realizado, através do qual constatamos a heterogeneidade das variâncias ($L=3,766$, $p= 0,003$). As diferenças significativas entre os grupos foi corroborada pelo teste robusto de igualdade de médias Brown-Forsythe¹⁷ ($B= 16,816$, $p=0,000$) nos indicando que os grupos de progresso do domínio Tecnológico de fato apresentam diferença de média.

¹⁶ O Teste de Levene verifica se há igualdade de variâncias quando os dados são relativos a distribuições contínuas, não necessariamente distribuições normais.

¹⁷ O teste de Brown e Forsythe estuda a igualdade de médias com amostras independentes de populações normais e com variâncias das médias desiguais.

Rejeitada a hipótese nula de igualdade das médias e considerando que o modelo adotado para os dados é de efeitos fixos (amostra não aleatória), podemos efetuar a análise de comparações múltiplas, através do POS HOC. O Teste de Levene (as variâncias não são homogêneas) nos leva a considerar o Teste de Tamhane na análise de comparações múltiplas.

Pelo teste POS HOC constatamos que para o domínio **Tecnológico** o Grupo 1 tem média significativamente distinta do Grupo 2 ($p= 0,001$, $CI=(-3,806; -0,695)$) [Ci=intervalo de confiança de 95%] e do Grupo 4 de progresso ($p= 0,003$, $CI=(-3,713; -0,549)$) [Ci=intervalo de confiança de 95%].

O Grupo 2 se diferencia ainda do Grupo 5 ($p= 0,000$, $CI=(1,574; 3,207)$) e do Grupo 6 ($p= 0,002$, $CI=(0,198; 1,506)$). O Grupo 3 é diferente do Grupo 5 ($p= 0,001$, $CI=(0,198; 1,506)$) e esse grupo é diferente do Grupo 4 ($p= 0,000$, $CI=(1,387; 3,156)$) e do Grupo 6 ($p= 0,000$, $CI=(0,726; 2,351)$), todos com intervalo de confiança de 95%. Para interações entre os demais grupos não há diferença nas médias.

No domínio **Híbrido** constatamos que as diferenças de médias também são significativas ($F=11,174$, $df=217$, $p=0,000$). O teste de Levene indicou que há homogeneidade nas variâncias ($L=1,786$, $p= 0,117$), sendo as diferenças das médias também significativas pelo teste robusto de Brown-Forsythe ($B= 10,09$, $p=0,000$).

No teste Pos HOC utilizamos o *Bonferroni*, através do qual constatamos as diferenças entre o Grupo 6 e os Grupos 1, ($p= 0,000$, $CI=(0,485; 2,656)$) 2 ($p= 0,006$, $CI=(0,160; 1,634)$), 3 ($p= 0,000$, $CI=(0,773; 2,840)$) e 4 ($p= 0,000$, $CI=(1,150; 3,135)$). O Grupo 4 também apresentou diferença em relação ao

Grupo 5 ($p= 0,020$, $CI=(0,119; 2,551)$), todos com intervalo de confiança de 95%. Não há diferenças entre as médias comparando-se outros pares de grupos.

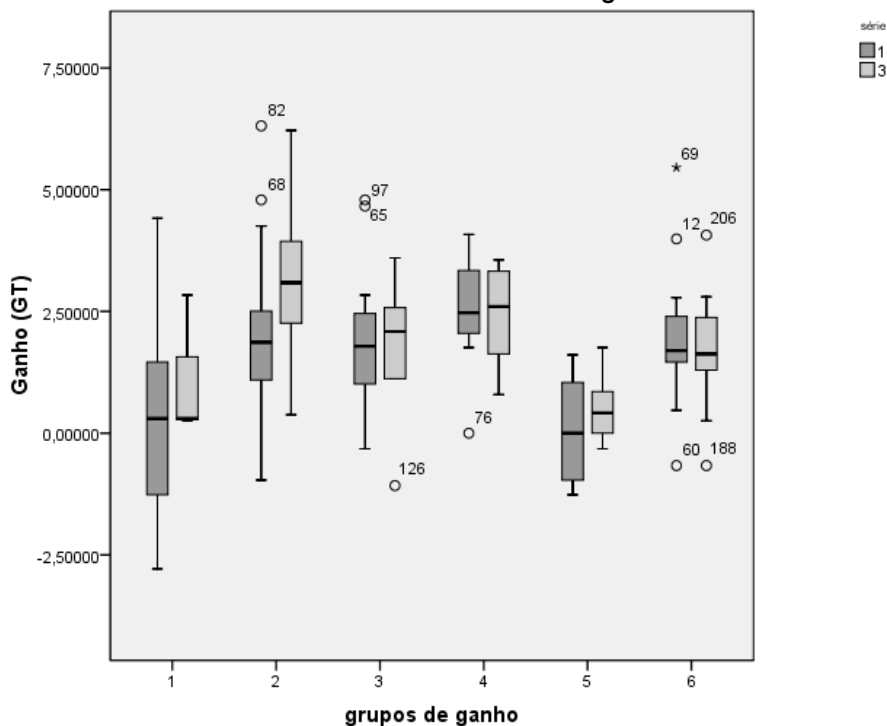
No domínio **Escolar** constatamos diferença entre as médias ($F=13,685$, $df=220$, $p=0,000$), homogeneidade das variâncias ($L=1,545$ $p= 0,177$) e diferenças corroboradas pelo teste de Brown-Forsythe ($B= 12,821$, $p=0,000$).

Avaliando os grupos pelo POS HOC - método *Bonferroni*, identificamos diferença significativa entre o Grupo 1 e os grupos 2 e 6 ($p= 0,00$, $CI=(0,531; 2,448)$) e ($p= 0,009$, $CI=(0,174; 2,216)$); entre o Grupo 2 e os grupos 3 e 4 ($p= 0,000$, $CI=(-2,448; -0,5308)$) e ($p= 0,001$, $CI=(-2,035; -0,3051)$); entre o Grupo 3 e os grupos 5 e 6 ($p= 0,006$, $CI=(0,2572; 2,6107)$). Todos os intervalos de confiança foram avaliados em 95%. Para os demais pares de grupos não houve diferença significativa nas médias.

A mesma análise foi feita para os domínios considerando a série como grupos de *subamostras*, e as diferenças entre alguns grupos também foram constatadas. A estatística p da ANOVA nos forneceu, em todos os domínios, um valor abaixo de 0,05. Esse resultado nos indica que os grupos de progresso apresentam ganhos significativamente diferentes quando analisamos as séries, ainda que essas diferenças não tenham sido constatadas para todos os pares de grupos nos testes de comparações múltiplas. Nesses casos, em cada domínio e para cada série tivemos diferentes resultados na comparação entre as médias. Ainda assim, podemos dizer que há diferenças, pois em nenhum teste todas as médias deixaram de ser significativas.

Pelo Gráfico 17 podemos perceber que o padrão de medianas dos grupos na primeira e terceira séries foram semelhantes para todos os grupos no domínio Tecnológico.

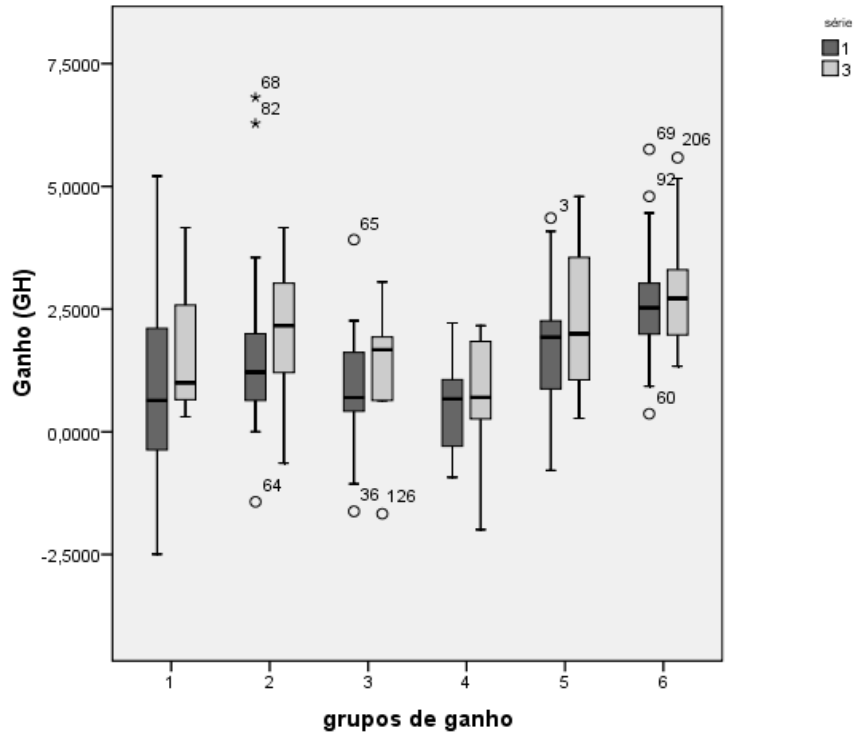
Gráfico 17: Médias dos Grupos de Progresso do Primeiro e Terceiro anos no domínio Tecnológico



Os grupos em geral não apresentaram muita diferença entre as médias. O Grupo que apresenta maior diferença em relação aos demais é o 5, que possui valor da mediana abaixo dos outros. O Grupo 2 apresenta maior diferença entre as duas séries.

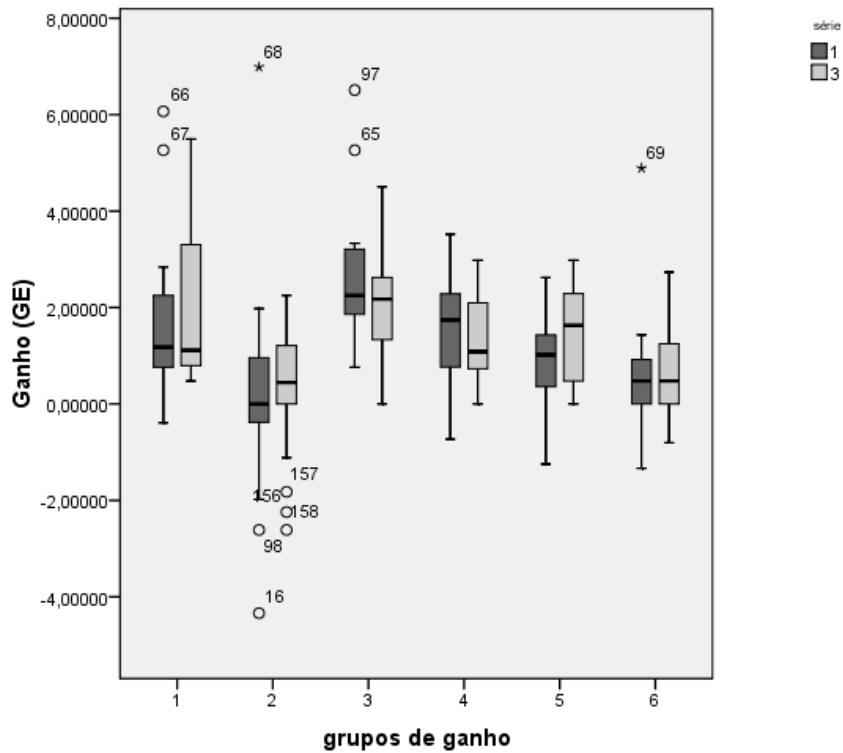
No domínio Híbrido o Grupo 4 demonstra diferença de mediana em relação ao Grupo 6, Grupo 5 e Grupo 2, conforme mostrado pelo Gráfico 18. Podemos verificar também o mesmo padrão de medianas no primeiro e terceiro anos.

Gráfico 18: Médias dos Grupos de Progresso do Primeiro e Terceiro anos no domínio Híbrido



Assim como nos outros domínios, o mesmo padrão para as duas séries também é semelhante no Escolar, como ilustrado pelo Gráfico 19.

Gráfico 19: Médias dos Grupos de Progresso do Primeiro e Terceiro anos no domínio Escolar



Nesse domínio podemos perceber que as medianas se mostram com diferença maior do que para os domínios anteriores, indicando melhor definição dos grupos.

De maneira geral pudemos constatar que os grupos são diferentes entre si. A análise das subamostras de série apresentou resultados semelhantes em relação às diferenças de média dos grupos testados. Em cada domínio houve distintas relações de significância entre os grupos, sendo o Escolar o domínio em que foi constatada a maior diferença. Esse resultado nos garante que estamos lidando com grupos que possuem características realmente diferentes em relação ao padrão de progresso.

Essa análise nos possibilitou traçar perfis de ganhos e verificar se os grupos definidos por esses perfis são realmente diferentes do ponto de vista estatístico. A partir desses perfis, investigaremos o efeito da instrução, sob duas perspectivas: do ponto de vista da mudança de estrutura¹⁸ de entendimento e do ponto de vista do aumento da intensidade do entendimento. Nas seções seguintes relatamos a análise da mudança de perfil de entendimento e a análise dos fatores que influenciam na aprendizagem em cada domínio.

MUDANÇA DE PERFIL DE ENTENDIMENTO

Os perfis definidos para o ganho ou progresso nos domínios de conhecimento foram utilizados para também definir os perfis de entendimento prévio e de entendimento posterior. Esses perfis foram definidos

¹⁸ Estrutura: a forma de entendimento/ganho de um domínio para o outro.

qualitativamente, ou seja, foram baseados no formato dos gráficos de proficiência que os estudantes apresentaram em cada domínio.

A proficiência em cada domínio calculada no pré teste e no pós teste foi avaliada para traçar os perfis de entendimento e analisar se houve mudança de perfil. A intenção foi verificar em que medida o estudo da Unidade afetou a mudança qualitativa no entendimento dos conteúdos.

Dessa forma, definimos para cada ocasião os perfis de entendimento:

Grupo 1 $\Rightarrow ET < EH < EE$

Grupo 2 $\Rightarrow EE < EH < ET$

Grupo 3 $\Rightarrow EH < ET < EE$

Grupo 4 $\Rightarrow EH < EE < ET$

Grupo 5 $\Rightarrow ET < EE < EH$

Grupo 6 $\Rightarrow EE < ET < EH$

ET: Entendimento no domínio Tecnológico

EH: Entendimento no domínio Híbrido

EE: Entendimento no domínio Escolar

Esses perfis preservam as mesmas características, em termos de interpretação, dos perfis de ganhos traçados na seção anterior. Ou seja, as três escalas de entendimento estão na mesma escala de *logit*, mas possuem significados diferentes. Por isso, as comparações realizadas em termos de “intensidade” do entendimento em cada domínio são feitas no nível qualitativo (perfis de entendimento/ganho). Para compararmos quantitativamente o entendimento ou ganho nos três domínios, seria necessário equalizar, em termos de valores das proficiências, o entendimento de conteúdos da área Tecnológica, Híbrida e Escolar. Como não há uma relação de igualdade entre os conteúdos dos três domínios em termos de valores absolutos de

entendimento¹⁹ (os três domínios compreendem conhecimentos distintos), essa equalização não é possível, o que nos permite fazer avaliação apenas em relação à mudança de perfil.

Como realizado para os grupos de ganho, os grupos de entendimento do pós teste e pré teste foram testados em relação à diferença de médias (ANOVA) e feitos os testes de comparações múltiplas. Tanto para a ocasião 1 como para a ocasião 2 as médias dos grupos foram significativamente diferentes, sendo realizados os testes de Levene para a homogeneidade da variância²⁰, o teste robusto de igualdade de médias e o POS HOC para comparações múltiplas. As Tabelas referentes a esses testes estão no Anexo 06.

Para a análise da mudança de perfil fizemos uma avaliação do número de casos relativos a cada perfil na primeira e na segunda ocasião de medida, o que nos possibilitou avaliar qual perfil foi mais contemplado pelo estudo da Unidade. Essa análise está representada na tabela 09.

As colunas apresentam o número de estudantes em cada grupo e as porcentagens referentes à representação desse número no pós teste, pré teste e no total da amostra.

¹⁹ Para fazer comparações em relação à diferenças na intensidade do entendimento (quantitativamente), teríamos que considerar algo comum aos três domínios em relação ao entendimento. Isso não é possível porque esses domínios subtendem lógica e operações cognitivas distintas, o que inviabiliza, na nossa análise, construir uma **única** escala de medida para o entendimento.

²⁰ Nos indicou o Tanhame para avaliar todos os entendimentos na comparação múltipla, exceto para o Híbrido do pós teste, no qual utilizamos o Bonferoni.

Entendimento Pré Teste X Entendimento Pós teste

		Pré Teste						Total
		1	2	3	4	5	6	
Pós Teste 1	Quantidade de Estudantes	6	2	2	8	3	3	24
	% Grupos Pós Teste	25,0%	8,3%	8,3%	33,3%	12,5%	12,5%	100,0%
	% Grupos Pré Teste	10,7%	14,3%	6,7%	13,6%	12,0%	8,1%	10,9%
	% do Total	2,7%	,9%	,9%	3,6%	1,4%	1,4%	10,9%
2	Quantidade de Estudantes	12	0	8	17	4	12	53
	% Grupos Pós Teste	22,6%	,0%	15,1%	32,1%	7,5%	22,6%	100,0%
	% Grupos Pré Teste	21,4%	,0%	26,7%	28,8%	16,0%	32,4%	24,0%
	% do Total	5,4%	,0%	3,6%	7,7%	1,8%	5,4%	24,0%
3	Quantidade de Estudantes	7	3	5	11	6	1	33
	% Grupos Pós Teste	21,2%	9,1%	15,2%	33,3%	18,2%	3,0%	100,0%
	% Grupos Pré Teste	12,5%	21,4%	16,7%	18,6%	24,0%	2,7%	14,9%
	% do Total	3,2%	1,4%	2,3%	5,0%	2,7%	,5%	14,9%
4	Quantidade de Estudantes	7	3	4	9	0	8	31
	% Grupos Pós Teste	22,6%	9,7%	12,9%	29,0%	,0%	25,8%	100,0%
	% Grupos Pré Teste	12,5%	21,4%	13,3%	15,3%	,0%	21,6%	14,0%
	% do Total	3,2%	1,4%	1,8%	4,1%	,0%	3,6%	14,0%
5	Quantidade de Estudantes	15	3	9	9	9	6	51
	% Grupos Pós Teste	29,4%	5,9%	17,6%	17,6%	17,6%	11,8%	100,0%
	% Grupos Pré Teste	26,8%	21,4%	30,0%	15,3%	36,0%	16,2%	23,1%
	% do Total	6,8%	1,4%	4,1%	4,1%	4,1%	2,7%	23,1%
6	Quantidade de Estudantes	9	3	2	5	3	7	29
	% Grupos Pós Teste	31,0%	10,3%	6,9%	17,2%	10,3%	24,1%	100,0%
	% Grupos Pré Teste	16,1%	21,4%	6,7%	8,5%	12,0%	18,9%	13,1%
	% do Total	4,1%	1,4%	,9%	2,3%	1,4%	3,2%	13,1%
Total	Quantidade de Estudantes	56	14	30	59	25	37	221
	% Grupos Pós Teste	25,3%	6,3%	13,6%	26,7%	11,3%	16,7%	100,0%
	% Grupos Pré Teste	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	% do Total	25,3%	6,3%	13,6%	26,7%	11,3%	16,7%	100,0%

Tabela 09 - Mudança nos perfis de entendimento

Inicialmente podemos constatar que o grupo 1 apresentou cinquenta e seis componentes, o grupo 2 catorze, grupo 3 trinta, grupo 4 cinquenta e nove, grupo 5 vinte e cinco e grupo 6 trinta e sete.

Com o estudo da Unidade, apenas 10,7% dos estudantes que estavam no grupo 1 mantiveram o perfil de entendimento. A maior parte dos integrantes desse grupo se concentrou nos grupos 5 (26,8%) e 2 (21,4%) na segunda ocasião de medida. De 56 sujeitos esse grupo passou a ter 24.

No grupo 2 não houve ninguém que mantivesse o perfil. Inicialmente com apenas 14 componentes esse grupo passou a conter 53, sendo que se distribuíram pelos grupos 3, 4 e 5 igualmente, com uma menor incidência no grupo 1. No grupo 3, 16,7% dos estudantes mantiveram o perfil de entendimento, sendo que a maior parte (30%) mudou para o grupo 5. No grupo 4, 15,3% mantiveram o perfil, sendo que a maior parte (28,8%) apresentou o perfil 2 de entendimento no pós teste.

O grupo 5, apesar de apresentar número de componentes bem menor no pós teste (de 51 passou para 25), foi o grupo onde o maior número de componentes se manteve (36 %). A maior parte da migração foi para o perfil 3 (24%) de entendimento, seguido do perfil 2 (16%). No grupo 6, 18,6% dos componentes se mantiveram no perfil, 32% mudaram para o perfil 2 e 21,6 % para o perfil 4.

De maneira geral, houve muita mudança nos perfis, sendo essa mudança mais acentuada para o grupo 2 de entendimento: nenhum estudante manteve o perfil, apesar de ter sido o grupo de maior incidência no pós teste. O Gráfico 20 evidencia, em termos de quantidades de componentes, o quanto mudou nos perfis.

Nesse gráfico não há como verificar as mudanças entre os grupos; ele nos revela que em geral os grupos 1 e 4 foram menos favorecidos pela

instrução, uma vez que o número de incidência de alunos nesse perfil no segundo momento diminuiu muito. Os grupos 2 e 5, ao contrário, foram favorecidos, pois grande parte dos estudantes migraram para esses perfis de entendimento.

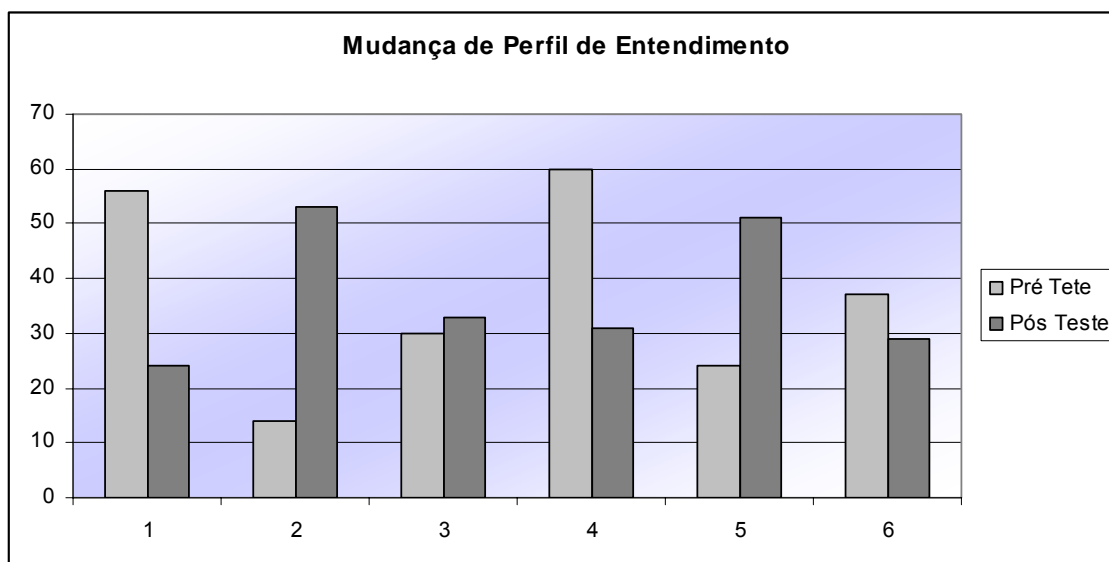


Gráfico 20: Mudança nos perfis de entendimento

O grupo 1 é caracterizado pelo maior entendimento no domínio Escolar, seguido do Híbrido e por fim do Tecnológico. Esse grupo, que contava com 56 componentes no pré teste, no segundo momento teve apenas 24. A grande parte dos estudantes desse grupo migrou para o perfil 5 de entendimento, em que prevalece o entendimento Híbrido, seguido do Escolar e depois do Tecnológico. Esse é um indício de que a instrução favoreceu menos o perfil em que o entendimento Escolar prevalece e que, quem apresentou esse perfil, no segundo momento teve maior chance de estar no grupo em que o entendimento Híbrido é maior.

O grupo 4 apresenta o entendimento Tecnológico maior que o Escolar e esse é seguido pelo Híbrido. Esse grupo teve o número de componentes reduzido de 59 para 31, sendo que no pós teste a maioria se concentrou no

grupo 2 (Tecnológico maior, seguido do Híbrido e depois do Escolar). Esse resultado nos indica que o perfil de entendimento que prevalece o Tecnológico tende a permanecer, apesar de haver mudança em relação aos outros domínios. Esse é um indício de que o estudo privilegiou o entendimento no domínio Tecnológico, não sendo determinante para o entendimento no domínio Escolar. Esse resultado também é corroborado pelo fato do perfil 2 ser mais representativo no pós teste, ainda que nenhum estudante se mantivesse nele no segundo momento.

O perfil 5, caracterizado pelo maior entendimento Híbrido seguido do Escolar e depois do Tecnológico, também foi bastante alterado no pós teste. A alta incidência de pessoas nesse perfil no segundo momento indica que a instrução também favoreceu o entendimento na área em que os conteúdos do domínio Tecnológico e Escolar são relacionados.

Para avaliarmos como foi o progresso dos estudantes que apresentaram os seis perfis de entendimento iniciais, fizemos uma avaliação qualitativa do progresso e outra quantitativa. A avaliação qualitativa consiste em analisar as freqüências relativas dos perfis iniciais de entendimento em conjunto com os perfis de ganho. A parte quantitativa foi feita pelo teste de regressão múltipla, em que avaliamos os possíveis preditores de ganho em cada domínio. A seguir, relatamos essa análise.

FATORES QUE INFLUENCIAM NO PROGRESSO

Investigamos inicialmente o progresso do entendimento tomando-se como referência os perfis traçados na primeira ocasião de medida. A intenção foi avaliar a relação entre os perfis de ganho (como os estudantes progrediram)

e os perfis de entendimento inicial; ou seja, verificar qualitativamente se há uma dependência do progresso em relação ao entendimento prévio.

A tabela 10 mostra a comparação entre os dois perfis: o de entendimento prévio e o de ganho. Ela apresenta o mesmo formato da tabela 10: nas colunas são reportados os números de estudantes em cada grupo e as porcentagens referentes à representação desse número para o entendimento inicial e para os grupos de ganho, assim como para o total da amostra.

Os estudantes que apresentaram perfil inicial 1 para o entendimento tiveram um ganho de acordo com o perfil 2 de progresso. Ou seja, os estudantes que tiveram pouco entendimento prévio no domínio Tecnológico e mais no Escolar ganharam mais em entendimento de forma inversa: apresentaram um perfil de ganho onde o domínio Tecnológico se sobressaiu e o Escolar foi o menos expressivo.

Isso ocorreu também para quem teve maior entendimento inicial no Tecnológico e menor no Escolar: o ganho foi maior no último e menor no primeiro. Dos que apresentaram o perfil 2 de entendimento, nenhum demonstrou esse mesmo perfil para o ganho, sendo que 42,9% apresentou o perfil 1 (para o ganho).

Grupos de Ganho X Grupos de Entendimento Inicial

		Ganho (Progresso)						Total
		1	2	3	4	5	6	
Entendimento Prévio (Pré Teste)	1 Quantidade de Estudantes	2	36	2	6	1	9	56
	% Entendimento Prévio	3,6%	64,3%	3,6%	10,7%	1,8%	16,1%	100,0%
	% Ganho	10,0%	43,4%	8,7%	23,1%	5,0%	18,4%	25,3%
	% do Total	,9%	16,3%	,9%	2,7%	,5%	4,1%	25,3%
	2 Quantidade de Estudantes	6	0	3	1	2	2	14
	% Entendimento Prévio	42,9%	,0%	21,4%	7,1%	14,3%	14,3%	100,0%
	% Ganho	30,0%	,0%	13,0%	3,8%	10,0%	4,1%	6,3%
	% do Total	2,7%	,0%	1,4%	,5%	,9%	,9%	6,3%
	3 Quantidade de Estudantes	3	6	3	1	8	9	30
	% Entendimento Prévio	10,0%	20,0%	10,0%	3,3%	26,7%	30,0%	100,0%
	% Ganho	15,0%	7,2%	13,0%	3,8%	40,0%	18,4%	13,6%
	% do Total	1,4%	2,7%	1,4%	,5%	3,6%	4,1%	13,6%
4 Quantidade de Estudantes	5	24	4	0	6	20	59	
% Entendimento Prévio	8,5%	40,7%	6,8%	,0%	10,2%	33,9%	100,0%	
% Ganho	25,0%	28,9%	17,4%	,0%	30,0%	40,8%	26,7%	
% do Total	2,3%	10,9%	1,8%	,0%	2,7%	9,0%	26,7%	
5 Quantidade de Estudantes	3	5	6	6	0	5	25	
% Entendimento Prévio	12,0%	20,0%	24,0%	24,0%	,0%	20,0%	100,0%	
% Ganho	15,0%	6,0%	26,1%	23,1%	,0%	10,2%	11,3%	
% do Total	1,4%	2,3%	2,7%	2,7%	,0%	2,3%	11,3%	
6 Quantidade de Estudantes	1	12	5	12	3	4	37	
% Entendimento Prévio	2,7%	32,4%	13,5%	32,4%	8,1%	10,8%	100,0%	
% Ganho	5,0%	14,5%	21,7%	46,2%	15,0%	8,2%	16,7%	
% do Total	,5%	5,4%	2,3%	5,4%	1,4%	1,8%	16,7%	
Total	Quantidade de Estudantes	20	83	23	26	20	49	221
	% Entendimento Prévio	9,0%	37,6%	10,4%	11,8%	9,0%	22,2%	100,0%
	% Ganho	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	% do Total	9,0%	37,6%	10,4%	11,8%	9,0%	22,2%	100,0%

Tabela 10: Perfis de progresso em função dos perfis iniciais de entendimento

Quem estava no grupo 3 de entendimento ($EH < ET < EE$) teve alta representatividade nos grupos 2 (20,0% - $GE < GH < GT$), 5 (26,7% - $GT < GE < GH$) e 6 (30% - $GE < GT < GH$) de progresso. Ou seja, os estudantes com esse perfil inicial, em que o entendimento Escolar se sobressai, não apresentaram perfil de progresso onde o maior ganho foi nesse domínio, além de ter maior representatividade no grupo em que o domínio Escolar teve o menor ganho.

Para o grupo 4 de entendimento prévio ($EH < EE < ET$) houve maior expressão nos grupos 6 (36,9% - $EE < ET < EH$) e 2 (40,7% - $EE < EH < ET$). Isso significa que os estudantes que apresentaram maior entendimento Tecnológico seguido do Escolar aumentaram mais seu entendimento no âmbito Tecnológico e no Híbrido, sendo o Escolar pouco expressivo.

Quando o perfil de entendimento inicial foi o do grupo 5, o perfil de ganho se dividiu entre os outros perfis: grupo 1 (12,0% - $ET < EH < EE$), grupo 2 (20,0% - $EE < EH < ET$), grupos 3 e 4 (24% - $EH < ET < EE$) e grupo 6 (20,0% - $EE < ET < EH$). Ter um entendimento Híbrido inicial maior que os outros, seguido do conhecimento Escolar, não é determinante para o ganho em um domínio específico: muitos perfis de progresso podem ser contemplados quando o entendimento inicial é maior em conteúdos da área de hibridação dos conhecimentos Escolar e Tecnológico.

Entretanto, quem apresentou entendimento Híbrido inicial maior seguido do entendimento Tecnológico (grupo 6 de entendimento), teve maior chance de progredir no entendimento Tecnológico, ainda que seguido pelo Escolar (grupo de ganho 2 - 32,4% e 4 - 32,4%).

Dessa exploração, podemos constatar que, em primeiro lugar, o entendimento inicial é inversamente proporcional ao ganho: os perfis de entendimento prévio mais expressivos contemplaram domínios que, nos perfis de ganho, foram os menos relevantes. Ou seja, quanto menor o entendimento prévio, maior o ganho para um domínio específico. Outro resultado é que o entendimento prévio Híbrido parece favorecer mais o entendimento Tecnológico e vice-versa: houve mais concentração de estudantes nos perfis de ganho em que os progressos nos domínios Híbrido ou Tecnológico foram maiores quando os perfis iniciais também contemplaram esses domínios.

Nossa intenção agora é verificar os fatores que contribuem para o progresso. Iremos testar se as variáveis série, gênero e pertencimento aos grupos de progresso estão associadas ao ganho. Iremos também verificar se há influência do conhecimento prévio em cada domínio. Para tanto, optamos por realizar a análise de Regressão Múltipla, tomando como variáveis dependentes o ganho em cada domínio e como variáveis independentes todos os fatores descritos.

A Regressão Múltipla foi feita para a amostra não aleatória de 221 respondentes, divididos entre 121 do primeiro ano e 100 do terceiro. As variáveis dependentes são de natureza intervalar e as variáveis independentes de natureza intervalar ou dicotômica.

Para cada grupo investigamos a ausência de multicolinearidade (índices *Auto-valor* e *VIF*) entre as variáveis independentes e fizemos a análise dos resíduos (gráficos *Normal P-P Plot of Regression Standardized Residual*), verificando a normalidade da distribuição, a homocedasticidade e a linearidade. Avaliamos também a presença de autocorrelação pela estatística *Durbin-*

Watson. O Quadro 12 relata as variáveis testadas. As variáveis dependentes são os ganhos nos domínios Tecnológico, Híbrido e Escolar, sendo que eles também são testados como variáveis independentes.

Quadro 12: Variáveis testadas na Análise de Regressão Múltipla

Sigla	Variável	Tipo de Variável
GT	Ganho Tecnológico	Intervalar
GH	Ganho Híbrido	Intervalar
GE	Ganho Escolar	Intervalar
T1	Entendimento Prévio Tecnológico	Intervalar
E1	Entendimento Prévio Escolar	Intervalar
H1	Entendimento Prévio Híbrido	Intervalar
Série	Série: Primeiro Ano e Terceiro Ano	Dicotômica
Gênero	Gênero: Feminino e Masculino	Dicotômica
M11,M12,M13,M14,M15,M17,M18	Turmas do Primeiro Ano	Dicotômica
M31,M32,M33,M35,M36	Turmas do Terceiro Ano	Dicotômica
Prec1, Prec2, Prec3, Prec4, Prec5, Prec6	Perfis de Entendimento Inicial	Dicotômica

O teste de correlação considerando a variável dependente como o ganho nos três domínios indicou que as variáveis independentes apresentam baixa correlação (Anexo 07), o que favorece o pressuposto da Regressão Múltipla de ausência de multicolinearidade. Esse pressuposto foi levado em consideração e avaliado com estatísticas específicas para escolher o modelo de melhor ajuste em relação aos fatores preditores das variáveis dependentes.

A normalidade da distribuição pode ser constatada pelos Gráficos 21, 22 e 23, relativos aos ganhos no Domínio Tecnológico, Escolar e Híbrido.

Esses gráficos demonstram a normalidade da distribuição e a dispersão dos resíduos em função dos valores preditos estandardizados, que se mostram bastante aleatórios, validando o pressuposto de homocedasticidade para os três domínios.

Gráfico 21: *P-P Plot of Regression Standardized Residual e Scatterplot para o domínio Tecnológico*

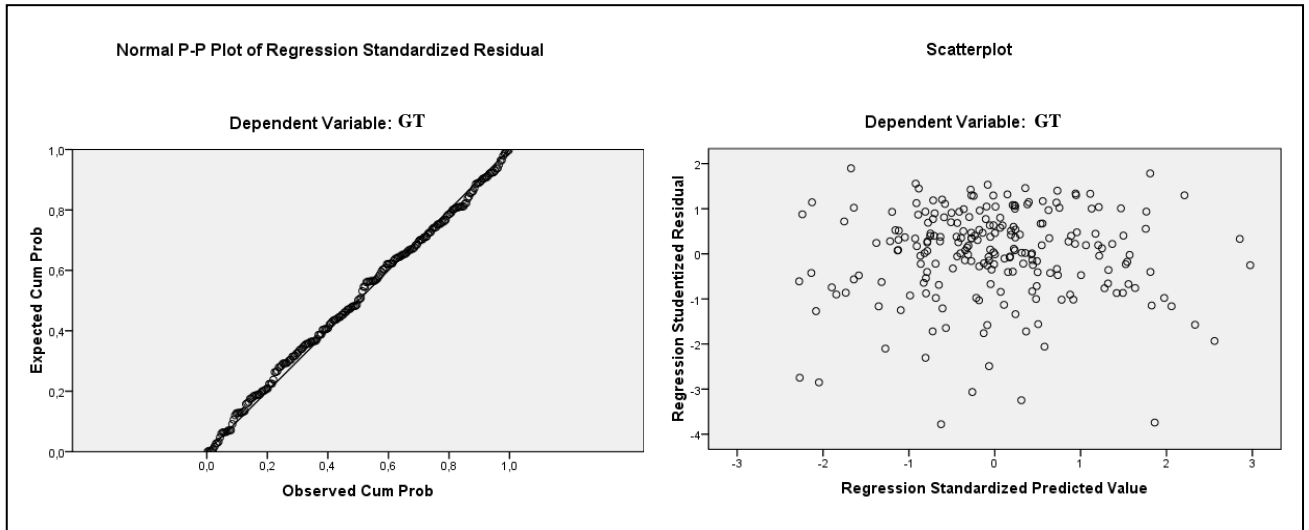


Gráfico 22: *P-P Plot of Regression Standardized Residual e Scatterplot para o domínio Híbrido*

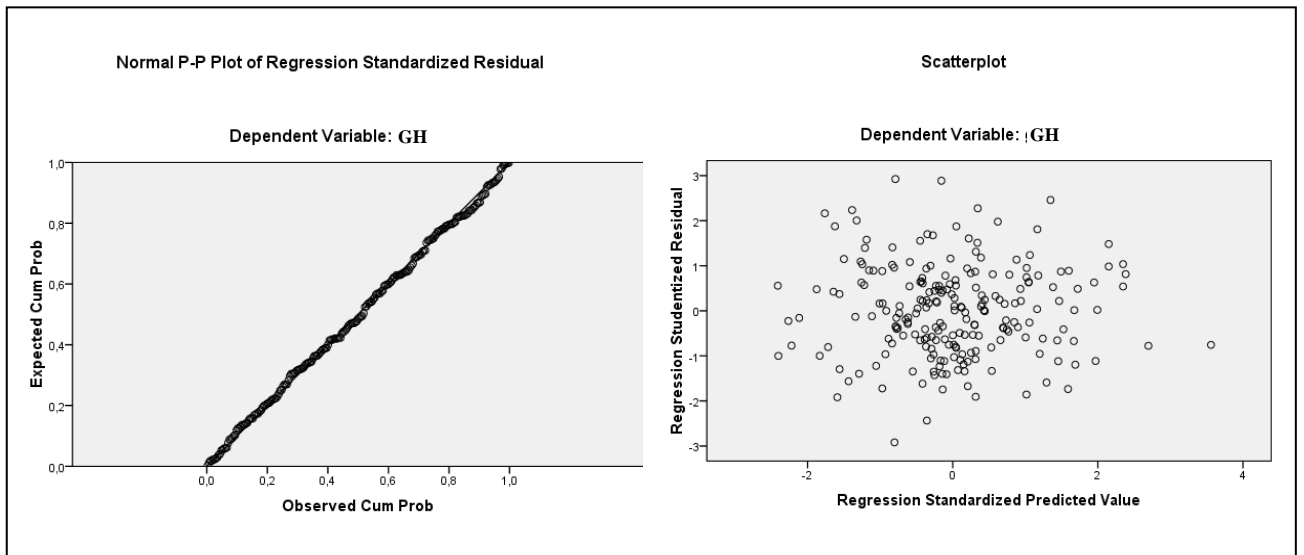
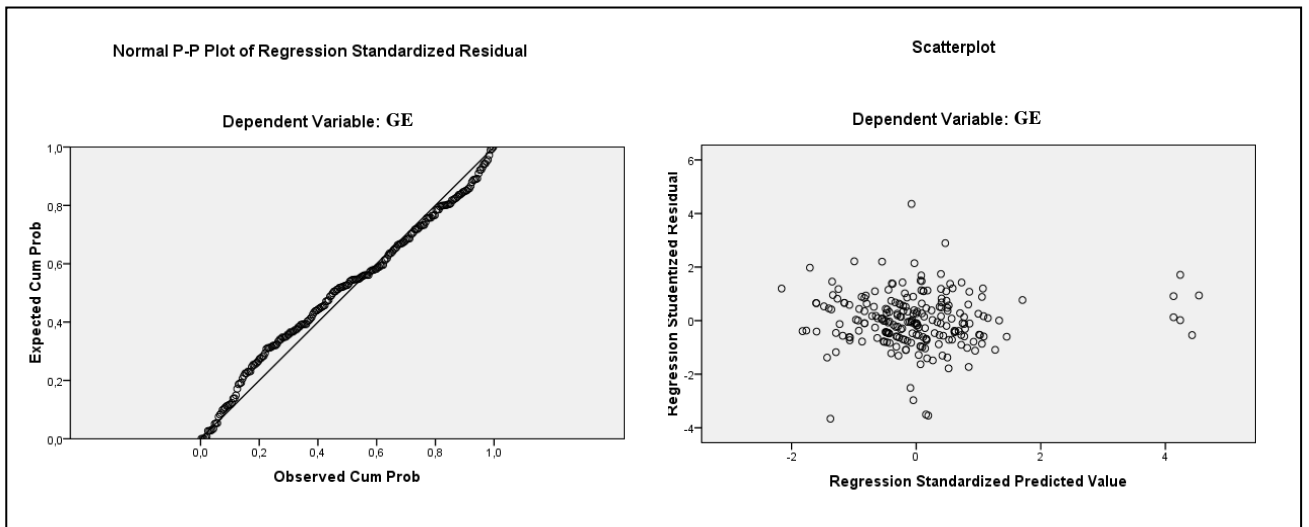


Gráfico 23: *P-P Plot of Regression Standardized Residual e Scatterplot para o domínio Escolar*



O método utilizado para a inclusão das variáveis independentes foi o de *stepwise*, como na análise dos itens. Assim, embora todas as variáveis descritas no Quadro 12 tenham sido testadas, algumas não são incluídas nos possíveis modelos explicativos por não se constituírem em preditores, de acordo com os algoritmos utilizados pelo programa.

Para a variável dependente *Ganho Tecnológico* identificamos oito modelos para explicação da variância, indicados na tabela 11. Por essa tabela, temos que 40,8% da variância é explicada quando consideramos o modelo 1, que compreende o entendimento prévio nesse domínio como principal preditor. Essa porcentagem aumenta para 58,6% quando consideramos, além da T1, a variável *Série* como preditora e vai para 64,8 % quando o modelo considerado subtende a variável M18, específica da turma denominada com esse nome.

A porcentagem ainda aumenta significativamente quando consideramos o modelo 4, que inclui o entendimento prévio no domínio Híbrido como preditor (69,5% da variância explicada). Para o modelo 5 já não temos um acréscimo muito significativo na explicação da variância (o aumento é de menos de 5%), o que nos leva a adotar o modelo 4 como o melhor para considerarmos as variáveis independentes que afetam a variável dependente.

Os índices referentes a cada variável nessa regressão são utilizados para explicitar a equação que prediz o ganho no domínio tecnológico. Esses índices estão reportados nas tabelas do Anexo 08. Tomando-se os índices, a equação se torna:

$$GT = 0,446 - 0,797T1 + 0,853Série - 1,241M18 + 0,261GH$$

(0,113) (0,056) (0,135) (0,202) (0,045)

Tabela 11 - Modelos explicativos de progresso para o ganho no domínio Tecnológico

Modelos de Regressão Múltipla para o Ganho no Domínio Tecnológico

Variável dependente: GT	R Ajustad	SEE	F Change	Sig F	Durb Wats
1 $GT = b_0 + b_1 T1$,408	1,205393	152,361	,000	1,84
2 $GT = b_0 + b_1 T1 + b_2 Série$,586	1,007675	95,372	,000	
3 $GT = b_0 + b_1 T1 + b_2 Série + b_3 M18$,648	,928623	39,696	,000	
4 $GT = b_0 + b_1 T1 + b_2 Série + b_3 M18 + b_4 GH$,695	,865227	33,964	,00	
5 $GT = b_0 + b_1 T1 + b_2 Série + b_3 M18 + b_4 GH + b_5 H1$,711	,841663	13,264	,000	
6 $GT = b_0 + b_1 T1 + b_2 Série + b_3 M18 + b_4 GH + b_5 H1 + b_6 M35$,723	,823835	10,406	,001	
7 $GT = b_0 + b_1 T1 + b_2 Série + b_3 M18 + b_4 GH + b_5 H1 + b_6 M35 + b_7 M14$,729	,815304	5,502	,020	
8 $GT = b_0 + b_1 T1 + b_2 Série + b_3 M18 + b_4 GH + b_5 H1 + b_6 M35 + b_7 M14 + b_8 M31$,733	,808711	4,487	,035	

A relação *coeficiente/erro padrão* é maior que 1,96 para todos os coeficientes, indicando que esses coeficientes possuem efeitos significativos. Esse resultado nos informa que todos os estudantes têm uma parte do ganho no domínio tecnológico que é fixa, e uma parte variável, que cresce com o ganho da dimensão Híbrida e com o fato de pertencer ao terceiro ano e decresce conforme o maior entendimento Tecnológico inicial e o fato de pertencer à turma M18.

O resultado referente à dependência negativa do progresso no domínio Tecnológico com entendimento inicial nesse domínio corrobora a primeira análise exploratória dos perfis de ganho, onde foi constatado que os estudantes que apresentaram maior entendimento em determinado domínio apresentaram um perfil em que esse domínio não foi o de principal progresso.

A série, por outro lado, é um preditor que tem uma dependência positiva em relação ao progresso do entendimento de conteúdos tecnológicos: pertencer ao terceiro ano significa ter maior progresso nesse domínio. O resultado ainda aponta para o fato de os estudantes da turma M18 terem menor chance de progresso no domínio Tecnológico, enquanto que o efeito do ganho no domínio Híbrido é positivo: o aumento do entendimento no domínio Híbrido é um preditor do aumento do entendimento no domínio Tecnológico.

O mesmo critério é seguido para avaliar os modelos de progresso no domínio Híbrido. Os índices *VIF* e *Auto-valor* desses modelos também estão reportados no Anexo 09 , e estão de acordo com os preceitos requisitados pelos pressupostos da Regressão Múltipla. A tabela 12 mostra os modelos calculados para esse domínio.

Tabela 12. Modelos explicativos de progresso para o ganho no domínio Híbrido

Modelos de Regressão Múltipla para o Ganho no Domínio Híbrido

Variável dependente: GH		R Ajust	SEE	F Change	Sig F	Durb Wats
1	GH = b ₀ +b ₁ GT	,359	1,2240	124,1	,000	2,02
2	GH = b ₀ +b ₁ GT+ b ₂ H1	,525	1,0536	77,57	,000	
3	GH = b ₀ +b ₁ GT+ b ₂ H1+ b ₃ Série	,616	,9470	52,82	,000	
4	GH = b₀+b₁GT+ b₂H1+ b₃Série+ b₄T1	,654	,8995	24,51	,000	
5	GH = b ₀ +b ₁ GT+ b ₂ H1+ b ₃ Série+ b ₄ T1+ b ₅ M32	,665	,8841	8,59	,004	
6	GH = b ₀ +b ₁ GT+ b ₂ H1+ b ₃ Série+ b ₄ T1+ b ₅ M32+ b ₆ M15	,672	,8750	5,50	,020	
7	GH = b ₀ +b ₁ GT+ b ₂ H1+ b ₃ Série+ b ₄ T1+ b ₅ M32+ b ₆ M15+ b ₇ M11	,678	,8677	4,63	,032	
8	GH = b ₀ +b ₁ GT+ b ₂ H1+ b ₃ Série+ b ₄ T1+ b ₅ M32+ b ₆ M15+ b ₇ M11+ b ₈ GE	,684	,8587	5,49	,020	
9	GH = b ₀ +b ₁ GT+ b ₂ H1+ b ₃ Série+ b ₄ T1+ b ₅ M32+ b ₆ M15+ b ₇ M11+ b ₈ GE+ b ₉ E1	,698	,8404	10,29	,002	
10	GH = b ₀ +b ₁ GT+ b ₂ H1+ b ₃ Série+ b ₄ T1+ b ₅ M32+ b ₆ M15+ b ₇ M11+ b ₈ GE+ b ₉ E1+ b ₁₀ M31	,705	,8302	6,24	,013	
11	GH = b ₀ +b ₁ GT+ b ₂ H1+ b ₃ Série+ b ₄ T1+ b ₅ M32+ b ₆ M15+ b ₇ M11+ b ₈ GE+ b ₉ E1+ b ₁₀ M31+ b ₁₁ Gênero	,710	,8228	4,79	,030	

Em se tratando do *Ganho Híbrido* identificamos onze modelos para explicação da variância. Temos 35,9% da variância explicada quando consideramos o modelo 1, que compreende o ganho no domínio Tecnológico como principal preditor. Essa porcentagem aumenta para 65,4% quando consideramos o modelo 4, em que o entendimento prévio Híbrido, a série e o entendimento prévio Tecnológico são adicionados. A partir desse modelo, o acréscimo na explicação da variância é muito pequeno, por isso o adotamos como sendo principal.

A equação com os índices para esse modelo pode ser descrita como:

$$GH = 0,446 + 0,797GT - 0,853H1 + 1,241Série + 0,261T1$$

$$(0,112) \quad (0,060) \quad (0,072) \quad (0,153) \quad (0,089)$$

A relação *coeficiente/erro padrão* também é maior que 1,96 para todos os coeficientes e os índices *VIF* e *Auto-valor* também estão de acordo com os pressupostos da Regressão Múltipla.

Por essa equação constatamos que o progresso no domínio Híbrido é influenciado positivamente pelo progresso no domínio Tecnológico, e conserva uma dependência negativa com o entendimento prévio de conteúdos hibridizados. A série também é um fator que contribui para o progresso: quem está no terceiro ano tem maior ganho no domínio híbrido do que quem está no primeiro ano. O conhecimento prévio Tecnológico, apesar de ser um fraco preditor, ainda contribui para o ganho nesse domínio.

O progresso no domínio Escolar foi descrito por 5 modelos, conforme mostra a tabela 13.

Tabela 13. Modelos explicativos de progresso para o ganho no domínio Escolar

Modelos de Regressão Múltipla para o Ganho no Domínio Escolar

Variável dependente: GE		R Ajustado	SEE	F Change	Sig F	Durbin-Watson
1	GE = b ₀ +b ₁ E1	,421	1,11978115	161,020	,000	2,086
2	GE = b ₀ +b ₁ E1+ b ₂ GH	,470	1,07149797	21,182	,000	
3	GE = b ₀ +b ₁ E1+ b ₂ GH+ b ₃ H1	,501	1,03925896	14,735	,000	
4	GE = b₀+b₁E1+ b₂GH+ b₃H1+ b₄M33	,529	1,01034031	13,600	,000	
5	GE = b ₀ +b ₁ E1+ b ₂ GH+ b ₃ H1+ b ₄ M33+ b ₅ M13	,536	1,00201946	4,602	,033	

O melhor modelo de preditores é também o de número 4, que explica 52,9% da variância. De acordo com esse modelo o progresso no domínio Escolar é influenciado pelo entendimento prévio nesse domínio, seguido do ganho no domínio Híbrido, o entendimento prévio também no domínio Híbrido e o pertencimento à Turma denominada M33, do terceiro ano. A equação que define o progresso no domínio Escolar é:

$$GE = 0,319 - 0,919E1 + 0,383GH + 0,427H1 - 0,980M33$$

(0,105) (0,075) (0,057) (0,097) (0,266)

Também para o domínio Escolar a relação *coeficiente/erro padrão* é maior que 1,96 para todos os coeficientes e os índices *VIF* e *Auto-valor* também estão dentro dos valores esperados.

Novamente a dependência negativa do entendimento prévio nos indica que saber mais os conteúdos escolares antes do estudo implica em menor progresso nesse domínio. O progresso no domínio Híbrido, contudo, influencia positivamente o ganho Escolar, assim como o entendimento prévio nesse domínio. O fato de pertencer à turma denominada M33, do terceiro ano, diminui

a chance de ter um alto progresso. Essa é uma turma que faz o curso técnico de Patologia Clínica conjuntamente com o ensino médio. É formada predominantemente por meninas. O currículo cursado por tais estudantes a partir da segunda série enfatiza a Biologia e seus ramos especializados e aplicados.

Podemos dizer, a partir dos resultados da análise de Regressão Múltipla, que houve menos progresso no entendimento em determinado domínio quando, antes do estudo da Unidade, o entendimento nesse domínio já se apresentava mais estruturado. Houve aprendizagem relevante para conteúdos que os alunos não tinham muito entendimento.

A aprendizagem de conteúdos que se referem às duas áreas de conhecimento (domínio Híbrido) foi mais determinante para o entendimento de conteúdos relacionados à Tecnologia do que conteúdos escolares. Apesar de o ganho Híbrido ter sido um preditor de progresso Escolar, ele apresentou mais influência no progresso Tecnológico, pois além de ser um preditor para esse domínio, ele teve uma dependência tanto do ganho Tecnológico como do entendimento prévio Tecnológico, não tendo como preditor nenhum dos indicativos do domínio Escolar.

Para verificarmos essa interpretação de outra perspectiva, fizemos uma análise de correlação parcial entre os ganhos de cada domínio. A Tabela 14 mostra os índices de correlação dos ganhos.

Tabela 14: Correlações parciais entre os Ganhos nos Domínios

Correlações Parciais			Ganho (GH)	Ganho (GE)	Ganho (GT)
Ganho (GT)	Ganho (GH)	Correlação	1,000	0,209	
		Significância (2-tailed)	.	0,002	
		df	0	218	
Ganho (GE)	Correlação		0,209	1,000	
		Significância (2-tailed)	0,002	.	
		df	218	0	
Ganho (GE)	Ganho (GT)	Correlação	0,536		1,000
		Significância (2-tailed)	0,000		.
		df	218		0
Ganho (GH)	Correlação		1,000		0,536
		Significância (2-tailed)	.		0,000
		df	0		218
Ganho (GH)	Ganho (GT)	Correlação		0,196	1,000
		Significância (2-tailed)		0,003	.
		df		218	0
Ganho (GE)	Correlação			1,000	0,196
		Significância (2-tailed)		.	0,003
		df		0	218

a. Cells contain zero-order (Pearson) correlations.

Esse tipo de análise permite retirar o efeito de uma das variáveis e verificar a correlação verdadeira entre as outras restantes. Podemos perceber que a correlação entre os ganhos do domínio Híbrido e Tecnológico é bem mais alta do que a correlação entre o ganho Escolar e os outros: o ganho Escolar é muito pouco influenciado por ambos os ganhos, Tecnológico e Híbrido.

A correlação entre o ganho Escolar e Tecnológico é a mais fraca (0,196, Sig. 0,003), embora seja significativa. O ganho no domínio Híbrido tem uma influência maior e significativa no ganho Escolar (0,209, Sig. 0,002), mas quando avaliamos sua influência no ganho Tecnológico percebemos que a correlação aumenta mais que o dobro (0,536, Sig. 0,000), sendo também significativa.

Se o entendimento Híbrido é uma zona de transição, podemos dizer que ter um conhecimento Escolar ajuda no entendimento de conteúdos do domínio Tecnológico, mas o contrário não acontece com muita expressão: Ter conhecimento Tecnológico ajuda no entendimento de confluência entre os dois domínios (domínio Híbrido), mas não influencia muito no aumento do entendimento de conteúdos escolares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção procuramos investigar o progresso do entendimento dos estudantes do ponto de vista do desempenho que demonstraram antes e após o estudo da Unidade. Para tanto, tomamos como unidade de análise a proficiência calculada nos dois testes de conhecimento e avaliamos o progresso em função da diferença desses parâmetros.

O primeiro resultado dessa análise nos revela que os estudantes, tanto do primeiro como do terceiro anos, apresentaram padrões diferentes de progresso no entendimento, quando avaliada a estrutura do entendimento referente aos ganhos relativos nos três domínios. Esse resultado evidencia que a intervenção proporcionou aprendizagem diferenciada entre os alunos, pois alguns apresentaram maior progresso no domínio Híbrido, enquanto outros tiveram maior progresso no Tecnológico e alguns no Escolar.

Os perfis de valores relativos foram utilizados para avaliar o entendimento prévio e o entendimento posterior ao estudo, além do ganho. Eles serviram de instrumento para investigarmos a mudança qualitativa do entendimento. Quando avaliamos o progresso em cada domínio, em todos os casos, os grupos apresentaram médias diferentes. Isso quer dizer que, quando

olhamos para os três domínios de conhecimento, os grupos são estatisticamente distintos. A diferença entre os grupos foi constatada pela análise de comparações múltiplas, o que nos garantiu estarmos tratando de grupos com especificidades realmente distintas.

O efeito do estudo da Unidade foi avaliado em termos da mudança qualitativa na estrutura do entendimento, através da análise da mudança de perfil de entendimento prévio e posterior e da relação entre o perfil inicial de entendimento e o perfil de ganho. É importante ressaltar que, ao fazermos a análise baseada nos perfis, estamos tomando as medidas relativas (do entendimento ou do ganho) entre os domínios; isso implica que as comparações foram feitas em termos das mudanças qualitativas, pois a intensidade do entendimento em um dos domínios tem significado diferente para outro domínio.

De forma geral, pudemos constatar que há muita mudança de perfil de entendimento da ocasião 1 para a ocasião 2, sendo que nenhum dos estudantes manteve seu perfil inicial no pós teste. Os perfis de entendimento em que o domínio Escolar apresenta maior valor ou valor intermediário para a proficiência foram menos favorecidos. Os perfis que tiveram maior incidência de estudantes no segundo momento foram aqueles em que a proficiência maior é a do domínio Tecnológico ou Híbrido. Essa é mais uma evidência de que a instrução foi mais determinante para a aprendizagem de conteúdos de domínio Híbrido e Tecnológico.

Quando avaliamos a relação entre o perfil inicial e o perfil de progresso, constatamos que os perfis se invertem em relação à maior proficiência: quem apresenta perfil de entendimento inicial cuja proficiência no domínio

Tecnológico é maior, tem um perfil de ganho em que o progresso nesse domínio tem o menor valor. Isso ocorre também quando avaliamos perfis cujo entendimento inicial é maior no Escolar e no Híbrido. Esse resultado corrobora nossa primeira avaliação, feita para o ensino, de que a aprendizagem é maior em domínios em que o entendimento inicial é menor.

Verificamos que, quando o entendimento inicial é maior para conteúdos hibridizados seguidos de conteúdos escolares, qualquer perfil de progresso tem a mesma chance de ocorrer. Isso significa que não há como prever o efeito da intervenção para o progresso de entendimento de estudantes que tem mais familiaridade com o domínio Híbrido antes do estudo.

Ao fazermos a análise quantitativa dos fatores que influenciam no progresso, constatamos que para o progresso em cada domínio preditores diferentes são mensurados.

Em se tratando do domínio Tecnológico, o principal preditor é o ganho no domínio Híbrido: progredir no entendimento de conteúdos hibridizados ajuda no entendimento de conteúdos tecnológicos. O segundo preditor para o progresso nesse domínio é a série: o fato de pertencer ao terceiro ano aumenta a chance de progresso. O entendimento inicial tecnológico é um preditor negativo: quanto maior esse entendimento, menor o progresso. Esse resultado está de acordo tanto com as evidências no tratamento do progresso dos itens quanto com o tratamento qualitativo dos perfis de ganho. O pertencimento a uma turma específica do primeiro ano também é um preditor negativo. Parece que para os estudantes dessa turma, não houve muito progresso no domínio Tecnológico. A julgar pela análise dos episódios de ensino, esse resultado

corroborar a evidência de que para as turmas do primeiro ano, o foco de atenção do estudo foi na discussão de conteúdos escolares.

Para o domínio Escolar assim como para o Híbrido, houve também a evidência da dependência negativa do progresso com o entendimento prévio. No primeiro caso, o progresso no domínio Híbrido tem um efeito positivo, assim como o entendimento inicial nesse domínio, apesar de não se constituírem no principal preditor. Pertencer a uma turma específica do terceiro ano também diminui a chance de progresso no domínio Escolar. Esses resultados apontam para o fato de que o entendimento de conteúdos de natureza híbrida ajuda na evolução do entendimento de conteúdos escolares, e que, como constatado pela análise de episódios, o terceiro ano não teve nesse tipo de conhecimento o seu foco de atenção.

Quando avaliamos os preditores do progresso no domínio Híbrido, constatamos que o progresso no domínio Tecnológico é o principal preditor, sendo que o conhecimento prévio nesse domínio também tem influência. A série também contribui para o progresso: ser da terceira série aumenta a chance de progresso no domínio Híbrido. Não há, para o progresso nesse domínio, qualquer influência do domínio Escolar.

Esses resultados nos reportam que há uma relação mútua de influência no progresso do entendimento entre os domínios Híbrido e Tecnológico. Apesar do entendimento de conteúdos híbridos (tanto o ganho como o entendimento prévio) influenciarem o progresso do entendimento de conteúdos escolares, sua influência é maior para o progresso do entendimento de conteúdos Tecnológicos. De fato, se avaliarmos as correlações entre os ganhos dos três domínios, podemos constatar que o ganho nos domínios

Híbrido e Tecnológico apresentam índices significativamente maiores do que o do domínio Escolar com qualquer outro. Essa é uma evidência de que o tipo de abordagem realizada, em que houve estudo de conteúdos de diferentes naturezas em conjunto, contemplou mais o entendimento dos elementos de caráter tecnológico e teve pouca influência para o progresso do entendimento de conteúdos formais da Ciência.

10- CONSIDERAÇÕES FINAIS

RESULTADOS GERAIS

Nossa pesquisa teve como foco principal investigar a evolução do entendimento de estudantes do primeiro e terceiro anos do ensino médio sobre conteúdos de diferentes naturezas, quando estudados em uma Unidade Temática.

Obtivemos vários resultados, relacionados sobretudo à forma de análise de diferentes dados coletados. De uma maneira geral, constatamos que houve aprendizagem dos conteúdos abordados na Unidade. O processo foi diferenciado entre os estudantes de uma série e outra. Os estudantes do primeiro ano se engajaram mais nas tarefas e discutiram assuntos mais relacionados ao contexto científico-escolar, enquanto os estudantes do terceiro ano não se mostraram tão receptivos ao estudo e as discussões foram mais no âmbito da tecnologia.

Os interesses dos estudantes foram determinantes no foco de atenção e no próprio engajamento: os alunos do primeiro ano estavam mais interessados em aprofundar o entendimento em relação a conteúdos pouco familiares a eles, o que prejudicou o entendimento dos processos gerais. Eles não conseguiram entender o processo como um todo porque não concebiam os elementos que faziam parte desse processo.

Por outro lado, os estudantes do terceiro ano, já familiarizados com a maioria dos conceitos científico-escolares abordados, se interessaram em entender alguns elementos da tecnologia, e muitas vezes as discussões foram além da abordagem da Unidade. Para esses alunos, o entendimento do

processo geral se efetivou com mais sucesso. O engajamento dos estudantes dessa série, entretanto, se deu mais em virtude da avaliação, pois para esses alunos a Unidade não correspondeu às expectativas de ajudá-los no exame de Vestibular. Esse resultado em particular é um indício de que a motivação extrínseca (referente às notas que os professores atribuíram) é um fator que afeta o processo de aprendizagem. Como os estudantes dessa série deveriam atender a um requisito de seu interesse (no caso a nota) eles se engajaram em realizar as tarefas, ainda que essas não tivessem atendido ao interesse pessoal de estudar temas referentes ao vestibular. Nesse caso, esses estudantes aprenderam, mesmo que motivados por um fator externo, como a avaliação. Esse resultado corrobora a idéia de que o comportamento extrinsecamente motivado pode ter o caráter de autodeterminação e ser também positivo para o processo de aprendizagem (DECI e RYAN, 2000).

Em se tratando dos domínios de conhecimento que foram abordados no material de estudo, verificamos que houve diferença de aprendizagem. Esses domínios se mostraram distintos nos itens, demonstrando características bem específicas. Não comparamos a aprendizagem em termos de valores absolutos do progresso, pois isso implicaria em igualar “valores para a intensidade do entendimento” de conteúdos de áreas distintas. Para comparar a aprendizagem entre os domínios, traçamos perfis de progresso do entendimento, especificados pelo ganho relativo nos valores dos parâmetros da proficiência.

Constatamos que os alunos, tanto da primeira como da terceira séries, progredem de forma diferenciada. Ou seja, a aprendizagem de conteúdos dos três domínios é distinta para cada estudante em particular. Contudo, traçamos alguns padrões de perfil, a partir dos quais pudemos avaliar a mudança.

Os resultados da análise do progresso a partir dos itens (perspectiva no ensino) e a partir da proficiência (perspectiva populacional) nos indicaram que a aprendizagem é maior para conteúdos pouco familiares. Verificamos ainda que a Unidade contemplou mais o entendimento no campo de interseção dos elementos tecnológicos e escolares, mas que influenciou também o entendimento de conteúdos Tecnológicos e em menor escala os Escolares. Esse é um indício de que o estudo de materiais mais relacionados à apropriação de conteúdos científico-escolares em outros contextos favorece o entendimento desses conteúdos, mas ela é limitada, pois o maior entendimento se efetiva no campo híbrido de conhecimento.

A frequência de abordagem e a natureza descritiva do item foram fatores que explicaram o progresso. Apesar de pouco significativo do ponto de vista estatístico, esse resultado é um indicativo de que o caráter recursivo de abordagem, mesmo no curto prazo, favorece a aprendizagem e que, descrever um dispositivo e processo é de mais fácil aprendizagem do que explicitar a concepção sobre algum conceito.

Os resultados de diferentes análises (mudança de perfil, fatores que influenciam no progresso, análise dos itens) evidenciaram que a aprendizagem de conceitos Híbridos está mais relacionada à aprendizagem de conceitos Tecnológicos do que Escolares. Apesar de influenciar no progresso desse último, essa influência é menor. A aprendizagem de conceitos científico-escolares parece compreender especificidades que não estão incorporadas no processo de aprendizagem de conceitos Híbridos ou Tecnológicos. Isso significa que aprender conteúdos a partir da Híbridização do conhecimento demanda um esforço e um engajamento no sentido de se construir um

entendimento distinto e com características diferenciadas dos dois domínios de interseção.

A seguir, ressaltamos algumas implicações dos resultados da investigação conduzida.

IMPLICAÇÕES DA PESQUISA

Um dos resultados de nossa investigação foi a constatação da existência de diferentes formas de aprendizagem para um mesmo universo de alunos. Isso nos indica que, no ambiente escolar, lidamos com diversos caminhos e possibilidades de promover o entendimento dos estudantes sobre os conteúdos que ensinamos. Qualquer que seja a abordagem, o caminho de entendimento é diferente para os sujeitos submetidos a uma mesma instrução. Além disso, cada estudante construirá um entendimento distinto dos demais estudantes, que é pessoal e marcado pela sua história de aprendizagem.

Do ponto de vista educacional esse resultado é razoável e acaba por ressaltar a dificuldade - ou de forma mais radical, reafirma a impossibilidade - de promover um ensino que instrua igualmente todos os envolvidos. Devemos considerar que fatores pessoais, incluindo a própria história de aprendizagem de cada sujeito, estão subjacentes ao processo de aprendizagem, e eles se referem a variáveis que não podemos controlar no contexto escolar.

Apesar de apresentarem aprendizagem diferenciada em relação aos domínios de conhecimento abordados na intervenção, localizamos alguns fatores gerais que de certa forma tiveram influência para o progresso no entendimento como um todo.

A motivação intrínseca e a motivação extrínseca²¹ parecem ser alguns desses fatores. O fato de termos constatado grande diferença no engajamento e foco de atenção no estudo da Unidade entre os estudantes do primeiro e terceiro anos, e também ter indicação de maior progresso escolar para os primeiros e maior progresso no domínio Tecnológico para os outros, evidencia que grupos distintos de sujeitos, submetidos ao estudo de um mesmo material, apresentaram diferenças na aprendizagem conforme seu foco de atenção, que será direcionado pela motivação desses sujeitos em relação ao conteúdo estudado. Essa motivação pode estar relacionada aos interesses pessoais²² dos sujeitos (nesse caso há uma motivação intrínseca para a aprendizagem) ou a fatores externos que lhe são impostos (motivação extrínseca). Esse resultado tem sido reportado em muitas pesquisas, que mostram sobretudo a relação positiva entre altos níveis de interesse, o engajamento cognitivo e a aprendizagem (BORGES e MENDES, 2007).

Entretanto, a questão da motivação se constituiu em indício apontado pelos resultados, ela não foi objeto de estudo e, portanto, não foi investigada. O que temos são alguns indicativos em relação à sua influência na aprendizagem de conteúdos de qualquer natureza, apontados pela relação de um resultado obtido na análise qualitativa e outro obtido na análise quantitativa.

A freqüência de abordagem e familiarização com os temas também foram fatores que influenciaram no progresso do entendimento. Esse resultado

²¹ A motivação intrínseca é caracterizada pelo envolvimento em uma atividade por si só, por ela se mostrar interessante, envolvente e gerar algum tipo de satisfação. Ela é determinante para o crescimento, integridade psicológica e coesão social do sujeito Ryan e Deci (2000). A motivação extrínseca estaria relacionada a uma atividade que visa responder à uma requisição do meio externo. Ela busca atender solicitações ou pressões de outras pessoas ou de demonstrar competências e habilidades.

²² *“Interesse pessoal se refere ao envolvimento mais intenso de uma pessoa com objetos de estudo ou idéias, podendo manifestar-se em situações diversas e por períodos de tempo mais duradouros”* (MENDES e BORGES, 2007)

em especial é uma evidência a favor da abordagem recursiva de conteúdos, mesmo considerando processos de ensino de curto prazo, como foi o dessa Unidade Temática, pois conteúdos mais revisitados ao longo do estudo (seja com abordagem teórica, seja na forma de resolução de problemas) foram os que se mostraram mais bem entendidos pelos alunos.

A diferença de foco de atenção e a conseqüente diferença de aprendizagem é uma evidência de que a generalização de um entendimento subtende a integração de elementos que já são concebidos pelos estudantes de alguma forma. Os alunos do primeiro ano, pouco familiares com os conceitos científico-escolares, não tiveram um entendimento generalizado sobre o funcionamento da TV após o estudo, como ocorreu para os alunos do terceiro ano, que já concebiam a maioria desses conceitos.

Esse resultado nos chama a atenção para a questão da elaboração de propostas de Ensino. É preciso que, ao propor um método, metodologia ou abordagem, tenhamos em mente que o objetivo principal da proposta deve estar condizente com o nível de entendimento dos estudantes sobre os conteúdos a serem reportados na proposta. Uma proposta que engloba teorias gerais ou processos gerais deve ser dirigida a sujeitos que já tenham certa familiaridade com os conteúdos e elementos essenciais para o entendimento do todo.

Mas como já afirmava Bruner *“qualquer assunto pode ser ensinado a qualquer um em qualquer idade de alguma forma que é honesta”*, é necessário relativizar esta afirmação. Ela não é uma defesa do currículo desenhado para os que estão aptos a entendê-lo. Nossos resultados mostram que estudantes de diferentes séries aprendem de forma diferenciada usando o mesmo

material, mas o fato é que aprendem. Isso que dizer que a instrução provocará aprendizagem, mas ela irá ocorrer em função das características dos sujeitos submetidos a essa instrução. Por isso, elaborar uma proposta de ensino requer adequar seus objetivos aos fatores relativos ao contexto e aos sujeitos aos quais ela está direcionada. Para que sua execução seja viável, tanto o conteúdo, como as atividades e também as tarefas devem estar condizentes com o que ela se propõe a realizar. Isso implica em reconhecer que, para cada grupo de estudantes ela estará incorporando características de aprendizagem distintas de acordo com as especificidades desses grupos, o que pode levar à mudança de foco e objetivo do próprio material.

O fato de o progresso do entendimento de conceitos científico-escolares ter sido influenciado pelo progresso do entendimento de conceitos Híbridos e não Tecnológicos nos indica que é preciso ter cautela em relação ao excesso de crédito dado à abordagem contextual na aprendizagem de conteúdos escolares.

Ao propor um ensino de Ciências com embasamento no conhecimento tecnológico, devemos considerar que o processo irá compreender uma reconstrução dos objetos teóricos científicos, e isso implica no desenvolvimento de habilidades e capacidades distintas tanto do âmbito do conhecimento tecnológico, como do âmbito do científico-escolar. Elas são próprias de um campo em que os dois tipos de conhecimento se relacionam, de maneira a formar um todo diferente das partes que o compõe.

Os contextos devem ser construídos de maneira a propiciar um entendimento dos conteúdos e, em se tratando de conceitos da Ciência, isso implica no desenvolvimento de habilidades próprias. Dar significado às teorias

e fenômenos científicos requer dominar a linguagem da Ciência e as formas de interpretação dessas teorias e fenômenos em situações ideais (específicas da Ciência), antes de abstrair esse significado para uma situação de tecnologia ou cotidiana familiar - um processo a parte.

Por isso, as propostas de ensino com foco em conteúdos Tecnológicos devem avaliar a importância do conhecimento a ser aprendido, seja em termos econômicos, sociais ou culturais. O Ensino de Tecnologia não deve se restringir a um mero artefato de motivação para a aprendizagem de Ciências, pois aprender conteúdos dessa natureza requer um esforço de construir outros significados que não compreendem as mesmas especificidades dos significados científicos. Os conteúdos de tecnologia, incorporados em propostas curriculares, devem ter, por si só, importância enquanto conhecimento válido para os estudantes.

LIMITAÇÕES

A investigação conduzida avaliou a aprendizagem dos alunos em dois pontos distintos no tempo. Apesar de termos dados referentes aos pontos intermediários, a análise quantitativa realizada se baseou nos dados escritos do pré teste e pós teste.

A validade em se mensurar o progresso a partir de dois pontos no tempo é uma questão que tem sido discutida nas pesquisas educacionais e psicológicas cujo foco é a mudança. Um dos principais pontos ressaltados é a impossibilidade de traçar padrões de desenvolvimento e a conseqüente curva

(ou trajetória) de aprendizagem dos sujeitos, o que limita as interpretações acerca dos fatores que influenciam a mudança no tempo.

Segundo Willet e Singer (2003), são necessários três requisitos em relação às características metodológicas para o estudo de mudança: i) múltiplas ondas de medida são necessárias; ii) uma métrica significativa de tempo é essencial e iii) o acesso a dados que mudam sistematicamente no tempo é importante.

Nossos resultados sobre a aprendizagem, apesar de levar em consideração o dado qualitativo de áudio, foram fundamentados sobretudo nas medidas feitas em apenas duas ondas de tempo. Para Willet (1989) esse tipo de estudo não é apropriado para interpretar a mudança. Ele argumenta que dois pontos não são suficientes para descrever o *processo de mudança*, pois não possibilitam o acesso à *forma* como cada pessoa individualmente progride, além de não promover a distinção entre a mudança verdadeira e o erro de medida (ROGOSA, BRANDT e ZIMOWSKI, 1982).

Glück e Spiel (1996), entretanto, propõem que, numa pesquisa exploratória, podemos utilizar modelos *Rasch* mistos para avaliar padrões de respostas, e isso pode ser feito tanto em estudos longitudinais como transversais. Eles defendem a idéia de que, desde que se tenha pelo menos alguns itens iguais em duas ocasiões de medida, mudanças qualitativas podem ser avaliadas para sujeitos em dois pontos no tempo, a partir dos escores que eles fornecem nos testes. Mead (2008), ao descrever uma análise em relação à influência da instrução no aumento da habilidade de leitura, também reconhece a necessidade da conexão entre um teste e outro para a construção de uma escala válida de medida da mudança.

Embora nossa investigação tenha tido o foco na aprendizagem, não nos detivemos nos *processos de mudança* que ocorreram durante o estudo. Nós avaliamos o progresso principalmente pela mudança qualitativa do entendimento explicitado pelos estudantes, e não simplesmente pela diferença entre duas medidas de escore no tempo. Não nos detivemos na diferença quantitativa entre os valores de proficiência de cada domínio de conhecimento: trabalhamos em termos de mudanças relativas, a partir de grupos de perfil.

Estamos cientes de que nossos resultados não se referem a uma mensuração quantitativa da mudança, e as interpretações são, assim, limitadas pelo aspecto exploratório da pesquisa. Entretanto, esses resultados e as interpretações não extrapolam os limites da análise possível de ser realizada, e se traduzem, portanto, em conhecimento válido para sustentar e promover novas questões sobre a aprendizagem.

PESQUISA FUTURA

Algumas questões foram levantadas por essa investigação. Uma delas é em relação ao papel do interesse pessoal para a aprendizagem. Um dos nossos resultados é que a aprendizagem é diferenciada para estudantes submetidos a uma mesma instrução. A indicação que tivemos é que o interesse pessoal define o foco de atenção. Uma pesquisa que busque identificar os efeitos da motivação na construção do entendimento poderia contribuir de maneira significativa para aprofundar o conhecimento em relação à influência das diferenças pessoais no aprendizado.

As limitações da investigação conduzida em relação à análise das trajetórias de aprendizagem podem ser superadas por outra pesquisa com o foco na identificação dessas trajetórias. Essa pesquisa certamente iria promover um conhecimento mais consistente em relação aos fatores gerais, populacionais e de ensino, que possam contribuir para o aprendizado. Estaríamos, nesse aspecto, tendo medidas ao longo do tempo, o que nos possibilitaria traçar trajetórias de aprendizagem individual e fazer, por consequência, um estudo qualitativo e quantitativo para identificar a mudança e isolar alguns preditores de aprendizagem.

Uma descrição mais detalhada das trajetórias individuais permitirá o acesso a fatores pessoais, que já foi apontado como possível fator de influência para o processo. Assim como a análise dos sujeitos, a análise dos itens em vários tempos de medida também nos daria indicadores de progresso do ponto de vista do Ensino.

Podemos ainda tomar como unidade de análise os grupos de alunos e verificar como as inter-relações estão presentes na aprendizagem, qual o seu papel e como são realizadas para que haja um entendimento compartilhado pelo grupo. Nesse sentido, a investigação contribuiria para entendermos quais os aspectos presentes em um grupo de atividades são relevantes e importantes para a evolução do entendimento individual.

A questão da distinção entre as áreas de conhecimento também seria melhor fundamentada se tomássemos como unidade de análise os itens em particular, tendo foco na natureza dos mesmos. Essa análise poderia nos fornecer evidências de como o entendimento em cada domínio é construído, assim como a influência entre eles durante a trajetória de aprendizagem.

Enfim, essa investigação não se encerra em si mesma, mas abre diferentes possibilidades e levanta muitas questões em relação à evolução do entendimento. Ao invés de propor um final, ela abre precedentes para que novas hipóteses sejam levantadas e outras pesquisas sejam realizadas, tendo como foco o processo de aprendizagem e a conseqüente melhoria no ensino.

11- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADAMS, R. J. Reliability as a measurement design effect. **Studies in Educational Evaluation**, v. 31, 2005, p. 162-172.
2. ADAMS, R. J.; WILSON, M. R. Formulating the *Rasch* models as a mixed coefficients multinomial logit. In: ENGELHARD, G.; WILSON, M. R. (Eds.), **Objective measurement: Theory into practice**. Norwood, NJ: Ablex, 1996. v. 3, p. 143-166.
3. ADAMS, R. J.; WILSON, M. R.; WANG, W. C. The multidimensional random coefficients multinomial logit model. **Applied Psychological Measurement**, v. 21, 1997, p. 1-23.
4. ADAMS, Raymond J.; WILSON, Mark; WANG, Wen-Chung. The Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model. **Applied Psychological Measurement**, v. 21, n. 1, 1997. p. 1-23. Disponível em: <<http://apm.sagepub.com/cgi/content/abstract/21/1/1>>. Acesso em: out. 2008.
5. AMANTES, Amanda. O entendimento de estudantes do Ensino Médio sobre Movimento Relativo e Sistema de Referência. Dissertação de Mestrado, UFMG, 2005, 183p.
6. AMANTES, Amanda; BORGES, Oto. Analisando o entendimento sobre sistema de referência e movimento relativo a partir de um modelo cognitivo estrutural. In. : ENCONTRO DE PESQUISA E ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004, Jaboticatubas, MG. **Anais...** Jaboticatubas, MG: [s.n.], 2004.
7. AMANTES, A.; BORGES, Oto. Uso da taxonomia SOLO como ferramenta metodológica na pesquisa educacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2008, Florianópolis. **Anais...** Belo Horizonte: FAE\UFMG, 2008. v. Único. p. 1-12.
8. AMANTES, Amanda; BORGES, Oto. A relação entre o saber dizer e o saber fazer em tarefas de física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 17, 2007, São Luis, MA. Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/>>. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2007.

9. AMANTES, Amanda; BORGES, Oto . Entendimento sobre movimento relativo e sistema de referência: o saber explicitar como indício do pensamento formal. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DE CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru. **Anais...** Bauru, SP: ABRAPEC, 2005. v. 5, p. 1-12.
10. ANDRICH, D. **Rasch models for measurement**. Newbury Park, CA: Sage, 1988.
11. ANDRICH, D. A rating formulation for ordered response categories. **Psychometrika**, v. 43, 1978, p. 561-573.
12. BAIRD, D. Thing Knowledge – Function and Truth. **Techno: Journal of the Society for Philosophy and Technology**. v. 6, n. 2, 2002.
13. BAKER, Frank B. **The basics of item response theory**. [S.l.]: Eric, 2001. 172p.
14. BIGGS, J. Assessing for learning: Some dimensions underlying new approaches to educational assessment. **The Alberta Journal of Educational Research**, v.41, n. 1, 1995, p. 1-17.
15. BIGGS, J.; COLLIS, K. **Evaluating the quality of learning: the SOLO taxonomy**. New York: Academic Press, 1982.
16. BIGGS, J.; COLLIS, K. Multimodal Learning and the quality of intelligent behavior. In: ROWE, Helga A. H. (Ed.). **Intelligence: reconceptualization and measurement**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, 1991. Cap. 5, p.57-76.
17. BIGGS, John. The Psychology of Educational Assessment and the Hong Kong Scene. Disponível em: <<http://teaching.polyu.edu.hk/datafiles/R42.pdf>> Acesso em 12 abr. 2005.
18. BLACKWOOD, Oswald, HERRON, Wilmer B., KELLY, William C. **Física na escola secundária**. Tradução de José Leite Lopes e Jayme Tiomno. Rio de Janeiro: Ed. Fundo de Cultura, 1961. 384p.
19. BOLTON, W. Physics experiments and projects. Oxford: Pergamon Press, 1968. The Commonwealth and International Library of Science Technology Engineering and Liberal Studies. v.4- eletricity, 694p.

20. BOND, L. *et al.* **The certification system of the National Board for Professional Teaching Standards: a construct and consequential validity study** (Research Report). Greensboro, NC: University of North Carolina at Greensboro, Center for Educational Research and Evaluation, 2000.
21. BOND, T. G., FOX, C. M. **Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2001.
22. BORGES, Oto; AMANTES, Amanda. O Entendimento de Estudantes do Ensino Médio sobre Sistema de Referência e Movimento Relativo. In.: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES ENSINO DE CIÊNCIAS, 4, Bauru, SP. **Anais...** Bauru, SP: [ABRAPEC], 2003.
23. BORGES, O. N. ; MENDES, I. . Um questionário sobre interesse pessoal pelos estudos. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, Florianópolis. In.: VI ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. Belo Horizonte, MG : [ABRAPEC], 2007.
24. BRANDT, Steffen. Estimation of a *Rasch* model including subdimensions. Leri Monograph Series: issues and methodologies in large-scale assessments. Kiel, Germany: Leibniz Institute for Science Education. v. 1, out. 2008. Disponível em: <http://www.ierinstitute.org/html/dissemination_area1.html>. Acesso em: out. 2008.
25. BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC, 1999.
26. BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais - Apresentação** – versão ago. 1996, p. 34.
27. BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais** – Versão preliminar para discussão nacional, Brasília, out. 1997, p. 3 e 4.
28. BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: MEC/SEF, 1998. 174p.

29. BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, 2002.** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>> Acesso em 20 jun. 2008.
30. BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares do Ensino Médio, 2004.** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/index.php?option=content&task=view&id=409&Itemid=395>>. Acesso em 22 jun 2008.
31. BRIGGS, J.; Wilson, M. An introduction to multidimensional measurement using *Rasch* models. In: SMITH, E.; SMITH, R. (Eds.) **Introduction to Rasch measurement.** Theory, models and applications. Maple Grove, MN: JAM Press, 2004, p. 322-341.
32. BROWN, G. T. L. **Teachers' Conceptions of Assessment.** Unpublished doctoral dissertation, Univ. of Auckland, NZ: 2002. Disponível em:<<http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/3189277>>. Acesso em: 14 mai. 2005.
33. BRUNER, Jerome.: In **Search of Mind: Essays in Autobiography.** Publisher: Harper & Row. Place of Publication: New York. Publication Year: 1983.
34. BYBEE, Rodger. The Sisyphian Question in Science Education: What should the Scientifically and Technologically. Literate Person Know, Value and Do-as a Citizen? In: BYBEE, Rodger (Ed.). **Science-Technology-Society.** Washington, DC: National Science Teachers Association, 1985.
35. CHARCHAMOVICH, Eduardo. **Teoria de Resposta ao Item:** Aplicação do Modelo *Rasch* em desenvolvimento e validação de instrumentos em saúde mental. 2007, 288f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas: Psiquiatria, Faculdade de Medicina. Porto Alegre.
36. CLANCEY, William J. Is Abstraction a Kin of Idea or How Conceptualization Works? **Cognitive Science Quarterly**, v. 1, n.3-4, Jul. 2001. p. 389 – 421. Special issue abstraction.

37. COHEN, A. S.; BOLT, D. M. A mixture model analysis of differential item functioning. **Journal of Educational Measurement**, v. 42, 2005. p.133-148.
38. COLLIS, K. F. Development of a group test of mathematical understanding using superitems SOLO technique. **Journal of Science and Mathematics Education in South East Asia**, v. 6, 1983. p. 5-14.
39. COLLIS, K. F.; JONE, T.; SPROD, J. M.; FRASER, S. P. Mapping development in students' understanding of vision using a cognitive structural model. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 45-66, 1998.
40. COMPTON, V.J.; HARWOOD, C.D. Enhancing Technological Practice: an assessment framework for technology education in New Zealand. **International Journal of Technology and Design Education**, v.13, n.1, p. 1-26, 2003.
41. COMPTON, V.J.; HARWOOD, C.D. Moving from the one-off: Supporting progression in technology. **Research Information for Teachers**. v. 1, p.23-30, set. 2004.
42. DAWSON, T. L.; WILSON, M. The LAAS: A computerized developmental scoring system for small - and large-scale assessments. **Educational Assessment**, v. 9, 2004. p. 153-191.
43. DAWSON, Theo L.; STEIN, Z. Cycles of research and application in education: Learning pathways for energy concepts. **Mind, Brain, e Education**, v. 2, n. 2, 2008. p. 90-103.
44. DAWSON-TUNIK, Theo L. "A good education is..." the development of evaluative thought across the life span. **Genetic, Social, and General Psychology Monographs**, v. 130, n. 1, 2004. p. 4-112.
45. DAWSON-TUNIK, Theo L. *et al.* The shape of development. **European Journal of Developmental Psychology**, v. 2, n. 2, 2005. p. 163-195
46. DAWSON-TUNIK, Theo L. Stage-like patterns in the development of conceptions of energy. Cap. 5. Disponível em: < <http://devtestservice.com/PDF/StagesEnergy.pdf>>. Acesso em: nov. 2008.

47. DAWSON-TUNIK, Theo L. **The shape of development**. Amherst, MA: Hampshire College, 2005.
48. De VRIES, Marc J. The Nature of Technological Knowledge: philosophical reflections and educational consequences. **International Journal of Technology and Design Education**. Great Britain , v. 15, n. 2, p. 149-154, 2005.
49. DEMPSTER, A. P., LAIRD, N. M., and RUBIN, D. B. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B, n. 39, p. 1–38, 1977.
50. DOLL, Willian. **Currículo: uma perspectiva pós-moderna**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 199p.
51. DORIA, Mauro; Marinho, FRANCIOLI. **Ondas e Bits**. São Paulo: Livraria da Física. 2006, 138 p. (Coleção temas atuais de física)
52. DRANEY, Karen; PERES, Deborah. **Multidimensional modeling of complex science assesement data**. Berkeley: University of California, 1998.
53. DRIVER, R. *et. al.* Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. **Educational Researcher**, v. 23, n. 7, 1994. p. 05-12.
54. EID, Michael; DIENER. **Handbook of multimethod measurement in psychology**. Washington : American Psychological Association, 2006.
55. EMBRETSON, S. E. A multidimensional latent trait model for measuring learning and change. **Psychometrika**, n. 56, 1991, p. 495–515.
56. EMBRETSON, S. E. (1993). **Psychometric models for learning and cognitive processes**. In N. Frederiksen, R. J. Mislevy, & I. I. Bejar (Eds.), *Test theory for a new generation of tests* (pp. 125-150). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
57. EMBRETSON, S. E.; REISE, S. P. **Item response theory for psychologists**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2000.

58. FELDMAN, David Henry. Piaget's stages: the unfinished symphony of cognitive development. **New Ideas in Psychology**, Medford, v. 22, 2004. p. 175-231.
59. FENSHAM, Peter; GUNSTONE, Richard; WHITE, Richard: **The Content of Science: a constructivism Approach to its Teaching and Learning**. Hong Kong: The Falmer Press, 1994.
60. FERREIRA, Doralice Bortoloci; VILLANI, Alberto. Uma reflexão sobre prática e ações na formação de professores para o ensino de física. **Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 63-76, mai./ago. 2002.
61. FISCHER, G. Derivation of the *Rasch* model. In: FISCHER, G.; MOLENAAR, I. (Eds.). **Rasch models – foundations, recent developments, and applications**. New York: Springer, 1995. p. 15-38
62. FISCHER, G. H.; PONOCNY, I. An extension of the partial credit model with an application to the measurement of change. **Psychometrika**, v. 59, 1994. 177-192.
63. FISCHER, G. Linear logistic models for change. In: FISCHER, G.; MOLENAAR, I. (Eds.). **Rasch models – foundations, recent developments, and applications**. New York: Springer, 1995.
64. FISCHER, G. Some probabilistic models for measuring change. In: De GRUIJTER, D. N. M.; VAN DER KAMP, L. J. T. (Eds.), **Advances in psychological and educational measurement**. New York: Wiley. 1976. p. 97-110
65. FISCHER, G. The linear logistic test model. In: FISCHER, G.; MOLENAAR, I. (Eds.). **Rasch models – foundations, recent developments, and applications**. New York: Springer, 1995.
66. FISCHER, G.; MOLENAAR, I. (Eds.). **Rasch models – foundations, recent developments, and applications**. New York: Springer, 1995.
67. FISCHER, K. W. A theory of cognitive development: the control and construction of hierarchies of skills. **Psychological Review**, v. 87, 1980. 477–531.

68. FISCHER, K. W. Dynamic cycles of Cognitive and Brain development. In: BATTRO, A. M.; FISCHER, K. W. (Eds.). **The educated brain**. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. 2006. Disponível em: <http://sitemaker.umich.edu/carss_education/files/fischerbrain.pdf>. Acesso em: out. 2008.
69. FISCHER, K. W.; BIDELELL, T. R. Dynamic development of action, thought, and emotion. In: DAMON, W.; LERNER, R. M. (Ed.s). **Theoretical models of human development**. Handbook of child psychology. 6 ed. New York: Wiley, 2006. v.1, p. 313-399.
70. FISCHER, K. W.; DALEY, S. Connecting cognitive science and neuroscience to education: potentials and pitfalls in inferring executive processes. In: MELTZER, L. (Ed.). **Understanding executive function: implications and opportunities for the classroom**. New York: Guilford, 2006. p. 55-72.
71. FISHER, W. Objectivity in measurement: a philosophical history of *Rasch's* separability theorem. In: WILSON, M. (Ed.) **Objective measurement: theory and practice**. v. 1. Norwood, NJ: 1992. p. 29-58.
72. FRADE, Cristina. **Componentes tácitos e explícitos do conhecimento matemático de áreas e medidas**. 2003. 249 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. *Orientador*: Oto Neri Borges.
73. FREIRE, P. Ação pedagógica da escola pela via da interdisciplinaridade. São Paulo: Secretaria da Educação de São Paulo. **Cadernos de Formação**, I, II e III, 1989.
74. GARCIA, Rolando. **O conhecimento em construção** – das formulações de Jean Piaget à teoria dos sistemas complexos. Porto Alegre: Artmed, 2002. 192 p.
75. GLAS, C. A. W; VERHELST, N. D. Extensions of the partial credit model. **Psychometrika**, v. 54, 1989. p. 635-659.
76. GLÜCK, Judith; SPIEL Christiane. **Item response models for repeated measures designs: application and limitations of four different approaches**. Dezembro, 1997. Disponível em:

<<http://www.dgps.de/fachgruppen/methoden/mpronline/issue2/art6/article.html>>.

Acesso em: 20 ago. 2008.

77. GRANOTT, N.; PARZIALE, J. (Eds.). **Microdevelopment: transition processes in development and learning**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2002.
78. GRANOTT, N.; FISCHER, K. W.; PARZIALE, J. Bridging to the unknown: a transition mechanism in learning and problem-solving. In.: GRANOTT, N.; PARZIALE, J. (Eds.). **Microdevelopment: transition processes in development and learning**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2002, p. 131–56.
79. GRUIJTER, D.; KAMP, L. **Statistical Test Theory for education and Psychology**. [S.l.]: [s.n.], 2002. 186p.
80. GUTTMAN, L. A basis for scaling qualitative data. **American Sociological Review**, n. 9, 1944, p. 139-150.
81. HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentals of physics – extended**. New York: John Wiley & Sons, 1997.
82. HATTIE, J. A.; PURDIE, N. The SOLO model: Addressing fundamental measurement issues. In: DART, B. Boulton-Lewis, G. (Eds.). **Teaching and Learning in Higher Education**. Melbourne, Aus.: ACER, 1998. p. 145-176
83. HATTIE, J. A.; PURDIE, N. **Using the SOLO taxonomy to classify test items**. Perth: University of Western Australia, 1994. Unpublished manuscript.
84. HATTIE, J. C.; BIGGS, J. B.; PURDIE, N. Effects of learning skills interventions on student learning: a meta-analysis. **Review of Educational Research**, University of New South Wales, v. 66, n. 2, 1996. p. 99-136.
85. HAWKINS, Wayne; HEDBERG, John G. Evaluating LOGO: use of the SOLO Taxonomy. **Australian Journal of Educational Technology**, v. 2, n. 2, 1986. p. 103-109.
86. HENSON, J. M.; REISE, S. P.; KIM, K. Detecting mixtures from structural model differences using latent variable mixture modeling: A comparison of relative model-fit statistics. **Structural Equation Modeling**, n. 14, 2007, p.

202-226.

87. HOLMES, Kathryn. Analysis of Asynchronous Online Discussion using the SOLO Taxonomy. **Australian Journal of Educational & Developmental Psychology**, Newcastle, v. 5, 2005, p. 117-127. Disponível em: < http://www.newcastle.edu.au/group/ajedp/Archive/Volume_5/v5-holmes.pdf > Acesso em: 09 mai. 2007.
88. HOLMES, Kathryn. Analysis of Asynchronous. Online Discussion using the SOLO Taxonomy. Annual Conference. Melbourne, Nov-Dec 2004. University of Newcastle. Disponível em:< <http://www.aare.edu.au/04pap/hol04863.pdf>.> Acesso em: 9 mai. 2007.
89. HONTANGAS, Pedro M. **LPCM-Win 1.0**: Programa para analizar modelos logísticos lineales de la familia de *Rasch*. Universitat de València. Disponível em: < <http://www.uv.es/revispsi/articulos1.99/hontangas.pdf>>. Acesso em: out. 2008.
90. KARCHER, Michael, J.; FISCHER, Kurt, W. A Developmental sequence of skills in adolescents' intergroup understanding. **Journal of Applied Developmental Psychology**, v. 25, n. 3, May-Jun, 2004. p. 259-282
91. KAREN, Draney; MARK, Wilson. A LLTM approach to the examination of teachers' ratings of classroom assessment tasks. **Psychology Science Quarterly**, v. 50, n. 3, 2008, p. 417-432. Disponível em: <http://www.psychologie-aktuell.com/fileadmin/download/PsychologyScience/3-2008/08_Draney.pdf>. Acesso em 18 de fevereiro de 2009.
92. KARMILLOFF-SMITH, Annette. **Beyond Modularity**: a developmental perspective on cognitive science. Massachusetts: The MIT Press, 1995. 234p.
93. KENNEDY, Cathleen. A. 2005. The BEAR assessment system: A Brief summary for the classroom context. **BEAR Technical Report Series**, Berkeley, CA: Berkeley Evaluation & Assessment Research Center, 2005.
94. KENNEDY, Cathleen. **Models and Tools for Drawing Inferences from Student Work**. Berkeley: Center University of California; Berkeley Evaluation & Assessment Research (BEAR). Paper presented at the Annual Meeting of

- the American Education Research Association. Montreal, Canada, April, 2005.
95. KENNEDY, Cathleen. **The BEAR Assessment System**: a Brief summary for the classroom context. Berkeley: BEAR Center Technical Report Series, 2005.
 96. KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EDUSP. 1987.
 97. LATENT VARIABLE ANALYSIS WITH CATEGORICAL OUTCOMES: Multiple-Group and Growth Modeling. In.: **Mplus Bengt Muthen University of California**. Los Angeles Tihomir Asparouhov Muthen Web Notes, n. 4, version 5, Dec. 9, 2002
 98. MAGUIRE, T. O. **The use of the SOLO taxonomy for evaluating a program for gifted students**. Paper presented at the Annual Conference of the Australian Association for Research in Education. Armidale, NSW, Dec. 1988.
 99. MAIR, P.; HATZINGER, R. Extended *Rasch* modeling: The RM package for the application of IRT models in R. **Journal of Statistical Software**, v. 20, n. 9, 2007. p. 1-20. Disponível em:

<<http://statmath.wu-wien.ac.at/~mair/publikationen.html>>. Acesso em: set. 2008.
 100. MAIR, Patrick; HATZINGER, Reinhold. CML based estimation of extended *Rasch* models with the eRm package in R. **Psychology Science**, v. 49, n. 1, 2007, p. 26-43.
 101. MARTINS, Carmen Maria de Caro. **Explicações de estudantes do ensino médio sobre o murchar de uma folha de alface temperada: evidências de mudança de teoria-em-uso**. 2003. 174 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
 102. McCOLLAM, K. M. SCHMIDT. Latent trait and latent class models. In.: MARCOULIDES, G. M. (Ed.). **Modern methods for business research**. [S.l.]: Erlbaum. 1998, p. 23-46.

103. McDonald, R. P. Linear versus nonlinear models in latent trait theory. **Applied Psychological Measurement**, v. 6, 1982, p. 379-396.
104. McDONALD, Roderick P. A Basis for Multidimensional Item Response Theory. **Applied Psychological Measurement**, v. 24; n. 2, 2000. p. 99-114. Disponível em: <<http://apm.sagepub.com/cgi/content/refs/24/2/99>>. Acesso em: ago. 2008.
105. McMILLAN, J. H. **Classroom assessment: Principles and practice for effective instruction** (2 ed.). Boston, MA: Allyn & Bacon, 2001.
106. MEAD, R. J. **A Rasch primer: the measurement theory of Georg Rasch**. Psychometrics services research memorandum 2008–001. Maple Grove, MN: Data Recognition Corporation, 2008.
107. MEAGHER-LUNDBERG, P.; BROWN, G. T. L. Item signature study: report on the characteristics of reading texts and items from calibration 1. **Technical Report**, Auckland, NZ: University of Auckland, Project asTTie, n. 12, 2001.
108. MENDES, Inês ; BORGES, Oto . Interesse de estudantes por temas de biologia. In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DE CIÊNCIAS, 2005, BAURU. Anais Bauru, SP : ABRAPEC, 2005. p. 1-10.
109. MENDES, Inês ; BORGES, Oto. **Um Questionário sobre o interesse pessoal por temas de Biologia**. In: VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências, 2007, Florianópolis. Anais Florianópolis, SC : ABRAPEC, 2007. p. 1-12.
110. MILLAR, Robin. Constructive criticisms. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v. 11, p. 587-596, 1989. Special Issue.
111. MILLAR, Robin; KING, Tom. Students' understanding of voltage in simple series electric circuits. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 339-349, 1993.
112. MILLAR, Robin; LIM BEH, Kian. Students' understanding of voltage in simple parallel electric circuits. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v. 15, n. 4, p. 351-361, 1993.

113. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Diretrizes curriculares para os cursos de graduação.
Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/Sesu/diretriz.shtm#diretrizes>>.
Acesso em: 30 out. 2007.
114. MISLEVY, Robert J. *et al.* Estimating population characteristics from sparse matrix samples of item responses. **Journal of Educational Measurement**, v. 29, 1992, p.133-161.
115. MISLEVY, Robert J. Linking educational assessments: concepts, issues, methods, and prospects. **Educational Testing Service**, Princeton, NJ, Office of Educational Research and Improvement, 1992.
116. MISLEVY, Robert J.; BOCK, R. Darrel. **Bilog 3: Item Analysis and Test Scoring with Binary Logistic Models**. 2.ed. Chicago: Scientific Software International. 1990, 78p.
117. MISLEVY, Robert J.; VERHELST, N. Modeling item responses when different subjects employ different solution strategies. **Psychometrika**, v. 55, 1990. 195-215.
118. MOREIRA, Adelson Fernandes; BORGES, Oto. Percepção e elaboração de conceitos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 8, 2002, Águas de Lindóia. **Atas do ...** São Paulo: SBF, 2002. CD-ROM, arquivo: CO19_2.pdf.
119. MOREIRA, Marco Antônio. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, mar., 2002.
120. MORIZOT, J. M.; AINSWORTH, A. T.; REISE, S. P. Towards modern psychometrics: application of item response theory models in personality research. In.: ROBINS, R. W.; FRALEY, R. C.; KRUEGER, R. F. (Ed.). **Handbook of Research Methods in Personality Psychology**. Guilford Press, 2007. p. 407-423.
121. MORTIMER, E. F; SANTOS, W. L. P. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência- Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2000.

122. NUFFIELD. Physics to Experiments. Guide to experiments II. London: Nuffield Foundation; Longmans/Penguin Books, 1967. 285 p.
123. OLIVEIRA, Fábio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda. O ensino de Física Moderna, com enfoque CTS: um tópico para o Ensino Médio – Raios X. [Rio de Janeiro]: UFRJ, 2006. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/x/atas/resumos/T0101-2.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2009.
124. OSBORNE, J. Beyond Constructivism. In: **The proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics**. Ithaca, New York: Misconceptions Trust, 1993.
125. OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio". **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n.1, mar. 2001.
126. PANIZZON, Debra. Using a cognitive structural model to provide new insights into students' understandings of diffusion. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v. 25, n. 12, p. 1427-1450, 2003.
127. PARZIALE, J. Observing the dynamics of construction: children building bridges and new ideas. In.: GRANOTT, N.; PARZIALE, J. (Ed.). **Microdevelopment: transition processes in development and learning**. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 2002, p. 131–56
128. PARZIALE, J.; FISCHER, K. W. The practical use of skill theory in classrooms. In: STERNBERG, R. J.; WILLIAMS, W. M. (Ed.). **Intelligence, instruction and assessment**. 1998, p. 96–110.
129. PASQUALI, Luiz. **Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação**. Petrópolis: Vozes, 2003. 395p.
130. PATRICK, J.; SETZER, Carl. **Running head: application of a mixture linear logistic test model - Application of a Mixture Linear Logistic Test Model and Special Cases to a Test Designed to Facilitate Classroom Instruction**. Center for Assessment and Research Studies James Madison University, April 8, 2007.

131. PIAGET, Jean. **Abstração Reflexionante**: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais. Trad. Fernando Becker e Petronilha Beatriz Gonçalves da Silva. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
132. PIAGET, Jean. **Equilíbrio das Estruturas Cognitivas**, Rio de Janeiro: Zahar, 1976.
133. PIAGET, Jean. **Fazer e Compreender**. São Paulo: Melhoramentos; EDUSP, 1978. 186p.
134. PIAGET, Jean; GARCIA, Rolando. **Psicogênese e História das Ciências**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1987. 250p.
135. PIETROCOLA, M.; OFUGI, C. D. R. Análise de artigos sobre ensino de relatividade restrita pela transposição didática. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 7, 2000, Florianópolis. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2000. p.1-13.
136. PIETROCOLA, Maurício. Construção e realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Florianópolis, v. 4, n. 3, 1999. p. 213-227.
137. POLANYI, Michael. **Personal Knowledge**. London: Routledge & Kegan Paul, 1962:1958. 428p.
138. POLANYI, Michael. **The Tacit Dimension**. Gloucester (Mass): Peter Smith, 1983. 108p.
139. RAPPOLT-SCHLICHTMANN, Gabrielle; *et al.* Transient and Robust Knowledge: contextual support and the dynamics of children's reasoning about density. **Mind, Brain, and Education**. v. 1, n. 2, June 2007, p. 98-108.
140. RASCH, G. On specific objectivity: an attempt at formalizing the request for generality and validity of scientific statements. **Danish Yearbook of Philosophy**, v. 14, 1977. p. 58-94.
141. RASCH, G. On general laws and the meaning of measurement in psychology. Proceedings of the Fourth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, n.4, p.321-334. Berkeley: University of Chicago Press, 1980.
142. RASCH, G. **Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment**

- Tests.** Chicago: University of Chicago Press, 1980. (original work published 1960).
143. REIS, Maria de Fátima. **Educação Tecnológica: A montanha pariu um rato?** Tendências e dificuldades da Educação Tecnológica na educação geral, com referência ao contributo das ciências. Portugal, Porto Editora, 1995, 187p.
144. REISE, S. P. Personality measurement issues viewed through the eyes of IRT. In.: EMBRETSON, S. E.; HERSHBERGER, S. L. (Eds.). **The new rules of measurement: What every psychologist and educator should know.** Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1999, p. 219-242.
145. REISE, S. P.; MORIZOT, J.; HAYS, R. D. (2007). The role of the bifactor model in resolving dimensionality issues in health outcomes measures. **Quality of Life Research**, n. 16, 2007, p. 19-31.
146. REISE, S. P.; WALLER, N. G. Fitting the two-parameter model to personality data. **Applied Psychological Measurement**, n. 14, 1990, p. 45-58.
147. RESNICK, L. B.; COLLINS, A. Cognition and learning. In: HUSEN, T. (Eds.) **Education: The complete encyclopedia.** Oxford: Pergamon Press, 1998. 1 CD.
148. ROBERTS, Lily; WILSON, Mark. **Evaluating the effects of an integrated assessment system on science teachers' assessment perceptions and practice.** Berkeley: University of California, 1998.
149. ROGOSA, D. R.; BRANDT, D.; ZIMOWSKI, M. A growth curve approach to the measurement of change. **Psychological Bulletin**, n. 92, 1982, p. 726-748.
150. ROPOHL, G. Knowledge types in technology. **International Journal of Technology and Design Education.** Netherlands, v.7, n.1-2, p. 65-72, 1997.
151. ROST, J. (1999). Was ist aus dem Rasch-Modell geworden? [What Happened with the Rasch Model?]. **Psychologische Rundschau**, n. 50, 1999, p.140–156.
152. ROST, J.; VON DAVIER, M. (1995). Polytomous Mixed Rasch Models. In.:

- FISCHER, G.; MOLENAAR, I. (Eds.). **Rasch Models: Foundations, Recent Developments and Applications**. Springer, New York: 1995. p. 371– 382.
153. RYAN, R. M., & DECI, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. **American Psychologist**, 55, 68-78.
154. SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos e MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Revista Ensaio-Pesquisa em educação em Ciências**, v. 2, n. 2, dez. 2000.
155. SCHÖN, Donald A. **Educating the Reflective Practitioner**. San Francisco: Jossey-Bass, 1987.
156. SCHWARTZ, M. S.; FISCHER, K. W. Building general knowledge and skill: cognition and microdevelopment in schince learning. In: DEMETRIOU, A.; RAFTOPOULOS, A. (Eds.). **Cognitive developmental change: theories, models, and measurement**. Cambridge (U.K.): Cambridge University Press, 2004.
157. SCHWARTZ, M. S.; FISCHER, K. W. Useful metaphors for tackling problems in teaching and learning. **On Campus**, v. 11, n. 1, 2006. p. 2-9.
158. THOMAS, G.; *et al.* Numeracy item signature study: A theoretically derived basis. **Technical Report**, Auckland, NZ: University of Auckland, Project asTTle, n. 12, 2002.
159. UMI Microform. Bell and Howell Information and Learning Company, Ann Arbor, MI, 2000. Disponível em: <<http://www.proquest.co.uk/en-UK/catalogs/collections/rc-search.shtml>. > Acesso em: set. 2008.
160. VARELLA, Francisco J. et al. (Ed.) **Naturalizing Phenomenology: issues in contemporary phenomenology and cognitive science**. Stanford, CA.: Stanford University Press, 1999. 642p. ISBN 0-8047-3610-3.
161. Vaz, Arnaldo et all. As percepções dos estudantes sobre a organização em espiral do currículo de física. Anais do XVII SNEF. Disponível em : <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/t0593-2.pdf>, > Acesso em: out 2007.

162. VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/Aprendizagem de física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, jun. 2002.
163. VILLANI, A et. al. Filosofia da Ciência, História da Ciência e Psicanálise: analogias para o ensino de ciências. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 14, n. 1, p.37-55, 1997.
164. VILLANI, A.; ARRUDA, Sergio de Mello. Special Relativity Theory, Conceptual Change and History of Science. **Science & Education**, Amsterdam, v. 7, n. 1, p.85-100, 1998.
165. VILLANI, A.; PACCA, Jesuina Lopes de Almeida. Students' Spontaneous Ideas about the Speed of Light. **International Journal of Science Education**, Amsterdam, v. 9, n. 1, 1987. p.55-66.
166. WANG, W.; CHEN, P.; CHENG, Y. Improving measurement precision of test batteries using multidimensional item response models. **Psychological Methods**, v. 9, 2004. p. 116-136.
167. WANG, W.; CHYI-IN, W. Gain score in item response theory as an effect size. **Educational and psychological measurement**, v. 5, n. 64, p. 758-780. 2004.
Disponível em: <<http://epm.sagepub.com/cgi/content/abstract/64/5/758>>. Acesso em: nov.2008.
168. WANG, Wen-Chung *et al.* Validating, improving reliability, and estimating correlation of the four subscales in the WHOQOL-BREF using multidimensional *Rasch* analysis. **Quality of Life Research**, v. 15, n. 4 2006. p. 607-620.
169. WANG, Wen-Chung. **Implementation and application of the multidimensional random coefficients multinomial logit**. Unpublished doctoral dissertation, University of California, Berkeley. 1994.
170. WANG, Wen-Chung; WILSON, M. R; ADAMS, R. J. **Implications and applications of the multidimensional random coefficients multinomial logit model**. Unpublished manuscript, Australian Council for Educational Research, Camberwell, Victoria, Australia. 1996.

171. WILSON, M. Detecting breakdowns in local independence using a family of *Rasch* models. **Applied Psychological Measurement**, v. 12, 1988. p. 353 - 364.
172. WILSON, M. R.; ADAMS, R. J. Marginal maximum likelihood estimation for the ordered partition model. **Journal of Educational Statistics**, n. 18, p. 69-90.
173. WILSON, M. R.; ADAMS, R. J. *Rasch* models for item bundles. **Psychometrika**, v.60, 1995. p. 181-198.
174. WILSON, Mark. *Rasch* models for item bundles. **Psychometrika**, Berkeley, University of California, v. 60, n. 2, Jun. 1995. p. 181-198. (Australian Council for Educational Research)
175. WRIGHT, B.; MASTER, G. **Rating scale analysis**. Chicago: MESA Press. 1982.
176. WRIGHT, B.; PANCHAPAKESAN, N. A procedure of sample-free item analysis. **Educational and Psychological Measurement**, v. 29, 1969. p. 23-48.
177. WRIGHT, B.; STONE, M. **Best test design**. Chicago: MESA Press. 1979.
178. WILLETT, John B.; SINGER, Judith D. **Applied longitudinal data analysis: modeling change and event occurrence**. New York: Oxford, 2003.
179. WYKROTA, Jordelina L. M. ; BORGES, O. . **Aspectos Emocionais de Condutas de Professores em Procedimentos de Ensino**. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2003, Bauru SP. Porto Alegre : Associação Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências, 2003. p. 1-3.
180. WYKROTA, Jordelina. **Aspectos emocionais de procedimentos de ensino de professores do ensino médio**. 2007. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Minas Gerais.
181. WU, Hsin-Yi. Software based on S-P chart analysis and its applications. **Proceedings of the National Science Council ROC (D)**. v. 8, n. 3, 1998. p. 108-120. Downloaded September, 2007.

Disponível em: <http://www.stpi.org.tw/ejournal/ProceedingD/v8n3/108-120.pdf
48> Acesso em: set. 2007.

182. WU, Margaret L. *et al.* **ACER Conquest**: generalized item response modeling software. Version 2.0. Melbourne, 2007, 253 p (manual).
183. YAN, Zheng. A thesis presented to the faculty of the Graduate School of Education of Harvard University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Education. 2000.
184. YUNG, Yiu-Fai; THISSEN, David; MCLEOD, Lori D. On the relationship between the higher-order factor model and the hierarchical factor model. **Psychometrika**, v. 64, n. 2, jun. 1999. p. 113-128.

12- ANEXOS

ANEXO 01

PLANEJAMENTO DO CURSO DE FÍSICA – 1º ANO – 2007

FEVEREIRO								
19 e 20 de fevereiro, Carnaval;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
				1	2	3		
4	5	6	7	8	9	10	Medidas e erros	Lab1 Tempo de Reação
11	12	13	14	15	16	17	Medidas e erros	Lab1 Tempo de Reação
18	19	20	21	22	23	24	Medidas e erros	Lab1 Tempo de Reação
25	26	27	28				Medidas e erros	Lab1 Tempo de Reação
MARÇO								
1º de março, quarta-feira de Cinzas;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
				1	2	3	Medidas e erros	
4	5	6	7	8	9	10	Atividade das Estrelas	Lab 2 Relação entre Medidas
11	12	13	14	15	16	17	Atividade das Estrelas	Lab 2 Relação entre Medidas
18	19	20	21	22	23	24	Atividade das Estrelas	Lab 5 Estudo Movim Variado
25	26	27	28	29	30	31	Atividade das Estrelas	Lab 5 Estudo Movim Variado
ABRIL								
05, 06 e 30 de abril, Recesso - 21 de abril, Tiradentes;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
1	2	3	4	5	6	7	Movimento Uniforme	Lab 4 Análise Movimento Bolha
8	9	10	11	12	13	14	Movimento Uniforme	Lab 4 Análise Movimento Bolha
15	16	17	18	19	20	21	O movimento variado	Lab 5 Estudo Movim Variado
22	23	24	25	26	27	28	O movimento variado	Lab 5 Estudo Movim Variado
29	30							
MAIO								
1º de maio, Dia do Trabalho;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
		1	2	3	4	5	O movimento variado	Revisão
6	7	8	9	10	11	12	Provas Trimestrais	
13	14	15	16	17	18	19	Energia e Trabalho	Lab 6 - Cinemática Queda Livre
20	21	22	23	24	25	26	Energia e Trabalho	Lab 6 - Cinemática Queda Livre
27	28	29	30	31			Energia e Trabalho	Lab 7 - Transformações Energia
JUNHO								
07 e 08 de junho, recesso: Corpus Christi;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
					1	2	Energia e Trabalho	Lab 7 - Transformações Energia
3	4	5	6	7	8	9	Energia e Trabalho	Lab 7 - Transformações Energia
10	11	12	13	14	15	16	Calor, Energia Interna e Temperatura	Lab 7 - Transformações Energia
17	18	19	20	21	22	23	Calor, Energia Interna e Temperatura	Lab 8 - Período Pêndulo Simples
24	25	26	27	28	29	30	Calor, Energia Interna e Temperatura*	Lab 8 - Período Pêndulo Simples*
JULHO								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
1	2	3	4	5	6	7	Calor, Energia Interna e Temperatura*	Lab 8 - Período Pêndulo Simples*
8	9	10	11	12	13	14	Calor, Energia Interna e Temperatura*	Lab 8 - Período Pêndulo Simples*
15	16	17	18	19	20	21		
22	23	24	25	26	27	28		
29	30	31						

*-Houve reorganização das atividades para o estudo da Unidade Temática no período marcado

AGOSTO								
15 de setembro, feriado municipal								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
			1	2	3	4	Calor: 1º Princípio da Termodinâmica	Lab 9 - Análise Exp Vazão (1a parte)
5	6	7	8	9	10	11	Ondas: Transmissão da Energia	Lab 9 - Análise Exp Vazão (1a parte)
12	13	14	15	16	17	18	Ondas: Energia Sonora	Lab 10 - Análise Exp Vazão (2a parte)
19	20	21	22	23	24	25	Ondas: Energia Eletromagnética	Lab 10 - Análise Exp Vazão (2a parte)
26	27	28	29	30	31		Provas trimestrais	
SETEMBRO								
7 de setembro, Independência do Brasil;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
						1		
2	3	4	5	6	7	8	"O que é eletricidade?" DDP como trabalho, corrente elétrica, Geradores, Circuito	Lab 11 - Circuitos Simples
9	10	11	12	13	14	15	Leis de Ohm	Lab 11 - Circuitos Simples
16	17	18	19	20	21	22	Leis de Ohm	Lab 12 - Medidas Elétricas
23	24	25	26	27	28	29	Leis de Ohm	
30								
OUTUBRO								
12 de outubro, Nossa Senhora Aparecida								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
	1	2	3	4	5	6	Circuitos em série e paralelo, Efeito Joule	Lab 12 - Medidas Elétricas
7	8	9	10	11	12	13	Exercícios	Lab 13 - Corrente e Tensão
14	15	16	17	18	19	20	Ondas Eletromagnéticas	Lab 13 - Corrente e Tensão
21	22	23	24	25	26	27	Espectro Eletromagnético	
28	29	30	31				Semana da UFGM (IC, Ext, Pq)	Semana da UFGM (IC, Ext, Pq)
NOVEMBRO								
2 de novembro, recesso: Finados 15 e 16 de novembro, Proclamação da República;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
				1	2	3	Espectro Eletromagnético	Lab 14 - Propriedades ondas eletromagnéticas (Laser)
4	5	6	7	8	9	10	Exercícios	Lab 14 - Propriedades ondas eletromagnéticas (Laser)
11	12	13	14	15	16	17	Relatividade Restrita	Lab 15 - Propriedades ondas eletromagnéticas (Micro-ondas)
18	19	20	21	22	23	24	Modelo de Átomo de Bohr	Lab 15 - Propriedades ondas eletromagnéticas (Micro-ondas)
25	26	27	28	29	30		Exercícios	Reposição de laboratório
DEZEMBRO								
25 de dezembro, Natal								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
						1		
2	3	4	5	6	7	8	Trimestrais	
9	10	11	12	13	14	15	Recuperação	
16	17	18	19	20	21	22	Recuperação	
23	24	25	26	27	28	29		
30	31							

PLANEJAMENTO DO CURSO DE FÍSICA – 2^o ANO – 2007

FEVEREIRO								
19 e 20 de fevereiro, Carnaval;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
				1	2	3		
4	5	6	7	8	9	10	Apresentação/Testes diagnósticos	Apresentação/Testes diagnósticos
11	12	13	14	15	16	17	Testes	Laboratório 1A : Medidas e erros
18	19	20	21	22	23	24	Luz como partículas em movimento: Propagação da luz e reflexão	Laboratório 1B : Medidas e erros
25	26	27	28				Luz como partículas em movimento: Propagação da luz e reflexão	Laboratório 1B : Medidas e erros Laboratório 2A : Representações
MARÇO								
1 ^o de março, quarta-feira de Cinzas;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
				1	2	3	Luz como partículas em movimento: Propagação da luz e reflexão	Laboratório 1B : Medidas e erros Laboratório 2A : Representações
4	5	6	7	8	9	10	Luz como partículas em movimento: Refração	Laboratório 2A : Representações Laboratório 2B : Representações
11	12	13	14	15	16	17	Luz como partículas em movimento: Refração	Laboratório 2B : Representações Laboratório 3A : MRU/MCU
18	19	20	21	22	23	24	Luz como partículas em movimento: Refração	Laboratório 3A : MRU/MCU Laboratório 3B : MRU/MCU
25	26	27	28	29	30	31	Modelo Ondulatório: Ondas mecânicas	Laboratório 3B : MRU/MCU Laboratório 4A : MRUV
ABRIL								
05, 06 e 30 de abril, Recesso - 21 de abril, Tiradentes;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
1	2	3	4	5	6	7	Modelo Ondulatório: Ondas mecânicas	Laboratório 4A : MRUV
8	9	10	11	12	13	14	Luz com ondas: modelo de Hygens, difração e interferência	Laboratório 4B : MRUV
15	16	17	18	19	20	21	Luz com ondas: modelo de Hygens, difração e interferência	Laboratório 5A : Ondas estacionárias
22	23	24	25	26	27	28	Dualidade onda/partícula	Laboratório 5B : Ondas estacionárias
29	30						Dualidade onda/partícula	Revisão
MAIO								
1 ^o de maio, Dia do Trabalho;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
		1	2	3	4	5	Dualidade onda/partícula	Revisão
6	7	8	9	10	11	12	Provas Trimestrais	
13	14	15	16	17	18	19	Formas de energia macroscópica e sua conservação	Prática 6 : Ondas e interferência
20	21	22	23	24	25	26	Conservação do momento linear	Prática 6 : Ondas e interferência
27	28	29	30	31			Formas de energia microscópica – energia interna, temperatura e dilatação	Prática 7 : Lei de resfriamento
JUNHO								
07 e 08 de junho, recesso: Corpus Christi;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
					1	2		Prática 7 : Lei de resfriamento
3	4	5	6	7	8	9	Comportamento dos gases	Prática 7 : Lei de resfriamento
10	11	12	13	14	15	16	Comportamento dos gases	Atividade : Momento linear
17	18	19	20	21	22	23	Calor, capacidade térmica e calor específico	Atividade : Momento linear
24	25	26	27	28	29	30	Calor, capacidade térmica e calor específico	
JULHO								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
1	2	3	4	5	6	7	Calor latente e mudanças de estado físico	Atividade: Hidrostática
8	9	10	11	12	13	14	Hidrostática	Atividade: Hidrostática
15	16	17	18	19	20	21		
22	23	24	25	26	27	28		
29	30	31						

AGOSTO								
15 de setembro, feriado municipal								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
			1	2	3	4	Hidrostática	
5	6	7	8	9	10	11	Movimento de projéteis	Laboratório 10 - Temperatura
12	13	14	15	16	17	18	Movimento de projéteis	Laboratório 10 - Temperatura
19	20	21	22	23	24	25	Revisão	
26	27	28	29	30	31		Provas trimestrais	
SETEMBRO								
7 de setembro, Independência do Brasil;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
						1		
2	3	4	5	6	7	8	Campo gravitacional	
9	10	11	12	13	14	15	Campo gravitacional	
16	17	18	19	20	21	22	Campo elétrico	
23	24	25	26	27	28	29	Campo elétrico	
30								
OUTUBRO								
12 de outubro, Nossa Senhora Aparecida								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
	1	2	3	4	5	6	Campo elétrico	
7	8	9	10	11	12	13	Potencial elétrico	
14	15	16	17	18	19	20	Potencial elétrico	
21	22	23	24	25	26	27	Física nuclear	
28	29	30	31					
NOVEMBRO								
2 de novembro, recesso: Finados 15 e 16 de novembro, Proclamação da República;								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
				1	2	3	Circuitos elétricos	
4	5	6	7	8	9	10	Campo magnético: fontes	
11	12	13	14	15	16	17	Campo magnético: força	
18	19	20	21	22	23	24	Campo magnético: indução	
25	26	27	28	29	30		Revisão	
DEZEMBRO								
25 de dezembro, Natal								
D	S	T	Q	Q	S	S	Teoria	Laboratório
						1		
2	3	4	5	6	7	8	Provas trimestrais	
9	10	11	12	13	14	15	Recuperação final	
16	17	18	19	20	21	22	Recuperação final	
23	24	25	26	27	28	29		
30	31							

PLANEJAMENTO DO CURSO DE FÍSICA – 3^o ANO – 2007

Programa da Disciplina
Atividade 1 - Grandezas vetoriais
Atividade 2 - A concepção Newtoniana de mundo
Atividade 3 - A partícula livre e o movimento relativo
Atividade 4 - Movimento sob a ação de uma força constante
Atividade 5 - Movimento de Projéteis
Atividade 6 - Movimento vinculado a um plano
Atividade 7 - Movimento Circular
Atividade 8 - Quantidade de Movimento
Atividade 9 - Movimento sob a ação de forças elásticas
Atividade 10 - Trabalho e Energia cinética
Atividade 11 - Conservação da energia mecânica
Atividade 12 - Movimento em um campo de força central
UNIDADE: O ESTUDO DA TELEVISÃO
Atividade 13 - Carga elétrica e Lei de Coulomb
Atividade 14 - Campo elétrico
Atividade 15 - Energia elétrica em um circuito simples
Atividade 16 - Corrente elétrica
Atividade 17 – Potencial e energia elétrica
Atividade 18 - A Lei de Ohm
Atividade 19 – Características das fontes de energia elétrica
Atividade 20 – As Leis de Kirchhoff (opcional)
Atividade 21 – O campo magnético
Atividade 22 – O efeito Magnético da Corrente elétrica
Atividade 23 - Forças magnéticas sobre correntes elétricas e cargas em movimento
Atividade 24 - Como os campos magnéticos induzem correntes
Atividade 25 – Ondas eletromagnéticas
Atividade 26 - Introdução à Óptica
Atividade 27 - Efeitos da Cor e percepção da Luz
Atividade 28 - Reflexão da luz
Atividade 29 - Imagens formadas por reflexão
Atividade 30 – Refração da luz
Atividade 31 - Lentes e a física da visão
Atividade 32 – Introdução à Física Moderna: efeito fotoelétrico, Modelo atômico. Teoria atômica de Bohr.

ANEXO 02

Teste de Conhecimentos

Parte I

A seguir são propostas 3 questões abertas. Após respondê-las, marque no quadro ao lado de cada uma o grau de segurança que você tem em relação à resposta que você deu. O quadro será utilizado para avaliar a confiabilidade que você tem em relação ao entendimento que explicitou. Se você tiver muita segurança de que sua resposta está correta, marque em muito seguro. Se você tiver certa segurança, mas ainda tem algumas dúvidas em relação à retidão da resposta, marque seguro. Se não souber avaliar a confiabilidade que você tem em sua resposta, marque neutro. Se estiver inseguro sobre o quanto sua resposta está correta, marque em inseguro e, finalmente, se não tiver confiança na retidão do que respondeu, marque em muito inseguro. Você terá quinze minutos para responder essas questões. O tempo para fazer cada parte do teste será estipulado. Não se preocupe em responder a todas as questões, pois o tempo pode não ser suficiente. O importante é que você se concentre naquelas em que responder e coloque o grau de confiança que tem na sua resposta.

Você terá minutos para responder essa parte.

- 1- Explícite seu entendimento sobre o funcionamento da TV do ponto de vista da tecnologia e dos fenômenos físicos envolvidos.

Muito Inseguro	
Inseguro	
Neutro	
Seguro	
Muito Seguro	

- 2- Compare a TV que utiliza como princípio de funcionamento a tecnologia digital e a TV que funciona a partir da tecnologia analógica.

Muito Inseguro	
Inseguro	
Neutro	
Seguro	
Muito Seguro	

- 3- Diga o que você sabe sobre o funcionamento da TV de tubos de Raios Catódicos e a TV de Plasma, tentando explicitar as diferenças entre elas.

Muito Inseguro	
Inseguro	
Neutro	
Seguro	
Muito Seguro	

Parte II

A seguir são feitas questões de verdadeiro ou falso sobre ondas. Ao lado, uma tabela que segue os mesmos critérios das questões abertas: Se você tiver muita segurança de que sua resposta está correta, marque em muito seguro. Se você tiver certa segurança, mas ainda tem algumas dúvidas em relação à retidão da resposta, marque seguro. Se não souber avaliar a confiabilidade que você tem em sua resposta, marque neutro. Se estiver inseguro sobre o quanto sua resposta está correta, marque em inseguro e, finalmente, se não tiver confiança na retidão do que respondeu, marque em muito inseguro. Você terá quinze minutos para responder essas questões. Após marcar V ou F marque também essa tabela para cada questão. Você terá minutos para responder essa parte.

	V ou F		Muito Inseguro	Inseguro	Neutro	Seguro	Muito Seguro
1		A luz é um tipo de onda eletromagnética					
2		Uma onda mecânica pode se propagar no vácuo, depende somente de sua intensidade.					
3		Ondas sonoras são produzidas a partir da vibração de algo material					
4		As ondas de rádio e as ondas luminosas possuem a mesma velocidade					
5		As ondas de rádio e as ondas luminosas se diferem pelo fato das primeiras sofrerem interferência, enquanto que para as segundas esse fenômeno não ocorre.					
6		As ondas mecânicas tem energia e as eletromagnéticas não têm					
7		ondas mecânicas necessitam de um meio físico para se propagarem, enquanto as ondas eletromagnéticas não.					
8		Espectro eletromagnético é uma seqüência de valores de freqüências ou de comprimentos de onda de ondas formadas por campos elétricos e magnéticos que se propagam com velocidade da luz.					
9		Ondas eletromagnéticas podem ser produzidas a partir da oscilação de cargas elétricas					
10		Ondas mecânicas são bidimensionais e ondas eletromagnéticas são tridimensionais					
11		As ondas mecânicas podem se propagar em qualquer meio e as ondas eletromagnéticas só se propagam no vácuo					

Parte III

A seguir são feitas questões de verdadeiro ou falso sobre conteúdos diverso. Ao lado, uma tabela que segue os mesmos critérios das questões abertas: Se você tiver muita segurança de que sua resposta está correta, marque em muito seguro. Se você tiver certa segurança, mas ainda tem algumas dúvidas em relação à retidão da resposta, marque seguro. Se não souber avaliar a confiabilidade que você tem em sua resposta, marque neutro. Se estiver inseguro sobre o quanto sua resposta está correta, marque em inseguro e, finalmente, se não tiver confiança na retidão do que respondeu, marque em muito inseguro. Você terá quinze minutos para responder essas questões Após marcar V ou F marque também essa tabela para cada questão. Você terá minutos para responder essa parte.

	V ou F		Muito Inseguro	Inseguro	Neutro	Seguro	Muito Seguro
1		Timbre é uma propriedade que permite distinguir dois instrumentos tocando uma única nota					
2		Os satélites operam tanto com ondas mecânicas como com ondas eletromagnéticas.					
3		Uma das vantagens da transmissão digital é que meio físico em que as ondas que transportam os sinais digitais se propagam é mais eficiente que o meio físico em que as ondas de sinais analógicos se propagam.					
4		Os satélites são mecanismos que funcionam recebendo ondas eletromagnéticas das estações emissoras e reenviando-as para as casas.					
5		O plasma se refere a uma substância com ponto de fusão indefinido, o que fornece uma característica intermediária entre sólido e líquido.					
6		Bits são elementos da linguagem binária. São utilizados para expressar qualquer tipo de símbolo ou imagem em computadores e outros sistemas que utilizam a forma digital.					
7		A TV de plasma e de Cristal líquido só capta os sinais da estação transmissoras se estiverem na forma digital de transmissão.					
8		O movimento da TV é uma ilusão, o que vemos são quadros estáticos passando a alta velocidade					
9		A transmissão digital nos dá a possibilidade de usar recursos interativos, como fazer compras em supermercados, acessar contas bancárias, escolher o ângulo de visão em partidas de futebol, etc.					
10		Nos nossos olhos existem células especiais que distinguem cores; mas essas células só são capazes de reconhecer a cor azul, verde e vermelha.					
11		É perfeitamente possível receber sinais digitais em TV's de tubos de Raios Catódicos, desde que tenhamos os decodificadores necessários					
12		Frequência é um termo utilizado para designar o número de repetições de um evento quando estamos lidando com eventos periódicos.					
13		ao mudar a frequência de uma onda, alteramos também o seu comprimento de onda, considerando a propagação em um mesmo meio.					
14		A transmissão feita nas TVs a cabo difere da transmissão nas TVs comuns pelo fato de fazerem a transmissão através de corrente elétrica, como nos fios					

	que transportam corrente elétrica das Usinas até nossas casas.					
15	A amplitude em uma onda sonora caracteriza se o som é grave ou agudo					
16	Não devemos colocar metal no forno de microondas porque as ondas eletromagnéticas geradas por esse instrumento fazem os elétrons do metal oscilarem, provocando corrente elétrica e possível curto circuito.					
17	O aquecimento de determinados materiais pode gerar a emissão de elétrons, como ocorre no caso das Televisões que possuem o dispositivo denominado cinescópico, ou TV de Tubo de Raios Catódicos.					
18	Geralmente, a voz feminina é diferenciada da voz masculina por ser “mais fina”. Fisicamente falando, podemos dizer que a voz feminina é mais alta que a voz masculina.					
19	O meio de transporte de um sinal digital é o mesmo que de um sinal analógico					
20	Tanto o sinal analógico e como o digital são transmitidos analogicamente, por meio de ondas eletromagnéticas.					

ANEXO 03

Categorias das questões abertas dos testes de conhecimento

2- Compare a TV que utiliza como princípio de funcionamento a tecnologia digital e a TV que funciona a partir da tecnologia analógica

Princípios envolvidos	Definição das categorias	Níveis
Codificação	Os sinais analógicos são codificados diretamente pelas grandezas que interpretam- são sinais contínuos. Os sinais digitais passam por um processo onde há digitalização dos sinais analógicos correspondentes às grandezas- são sinais discretos.	PE2C1
	Reconhecem a correspondência entre a codificação dos sinais e o fenômeno físico que representam.	
	Os sinais analógicos são codificados diretamente pelas grandezas que interpretam. Os sinais digitais passam por um processo onde há digitalização dos sinais analógicos correspondentes às grandezas, através da sua transformação em números binários/bits.	PE2C2
	Além de reconhecer a correspondência, mencionam a natureza binária da informação codificada.	
Vantagens/ Desvantagens	Os sinais analógicos são codificados diretamente pelas grandezas que interpretam. Os sinais digitais passam por um processo de amostragem, quantização e codificação, onde há digitalização dos sinais analógicos correspondentes às grandezas, através da sua transformação em números binários/bits.	PE2C3
	Fazem a correspondência e ainda mencionam os processos que transformam a informação em código binário.	
	Sinais digitais sofrem menos interferência/ qualidade dos sinal digital é melhor.	PE2V1
	Mencionam somente a vantagem do sinal digital ser melhor ou sofrer menos interferência.	
	Sinais digitais sofrem menos interferência/ qualidade do sinal digital é melhor e permitem interatividade.	PE2V2
Reconhecem que os sinais digitais ainda permitem interatividade, além de sofrerem menos interferência.		
Transmissão	Sinais digitais sofrem menos interferência/ qualidade do sinal digital é melhor. Permitem interatividade. Os sinais digitais possibilitam uma gama de sinais mais ampla.	PE2V3
	Ainda reconhecem que, com os sinais digitais, é possível ter mais informação transmitida, por isso a gama de canais pode ser aumentada sem comprometer as faixas de frequência de transmissão.	
	Em ambas o tipo de transmissão é analógica.	PE2T1
	Reconhecem que a transmissão é sempre analógica, qualquer que seja o tipo de sinal.	
	Em ambas o tipo de transmissão é analógica, por ondas eletromagnéticas.	PE2T2
	Além de reconhecerem que a transmissão é analógica, ainda mencionam que é feita por onda eletromagnética.	

	Em ambas o tipo de transmissão é analógica, por ondas eletromagnéticas moduladas por sinais analógicos ou por sinais digitais.	PE2T3
	Mencionam a questão da modulação, reconhecendo que é esse o processo que “coloca” a informação na onda portadora, seja essa informação digital ou analógica.	
Interpretação dos sinais	Na transmissão de sinal digital há decodificação do sinal, (necessidade de conversores). Na analógica, não há essa necessidade.	PE2I1
	Reconhecem que há um processo de decodificação para processar os sinais que vem na forma digital	
	Na transmissão digital sinais analógicos tem codificação digital e são processados, sendo transformados em imagem e som; na transmissão analógica os sinais analógicos são recebidos sem essa codificação, sendo transformados diretamente em som e imagem, sem a necessidade de conversores.	PE2I2
	Em ambas o sinal é interpretado da mesma forma, mas o mecanismo de ativação dos pontos da tela vai depender do tipo de aparelho de TV.	PE2I3
	Reconhecem que a interpretação é a mesma, pois o sinal é transformado em corrente variada em ambos os casos; entretanto, deixam clara a idéia que o mecanismo de processar a informação, ou seja, transformá-la novamente em som e imagem (principalmente) vai depender do tipo de aparelho de TV.	

3- Diga o que você sabe sobre o funcionamento da TV de tubos de Raios Catódicos e a TV de Plasma, tentando explicitar as diferenças entre elas.

Princípios envolvidos	Definição das categorias	Níveis
Tubos de Raios Catódicos	A TV de TRC possui um tubo.	PE3TT1
	Menciona somente a existência do tubo de imagens na TV de TRC.	
	A TV de TRC possui um tubo onde é produzido um feixe de elétrons	PE3TT2
	Além do tubo, menciona sua função no aparelho.	
	A TV de TRC possui um tubo onde é produzido um feixe de elétrons através de uma ddp.	PE3TT3
TV de TRC	Reconhece a existência do tubo e a produção de um feixe de elétrons, explicitando ainda a presença de uma ddp no processo.	
	A TV de TRC possui o tubo; nele há um anodo e um catodo; por uma ddp é produzido um feixe de elétrons	PE3TT4
	Especifica, com os termos técnicos, as placas a partir das quais o feixe é produzido.	
	A TV de TRC possui o tubo; nele há um anodo e um catodo; por uma ddp é produzido um feixe de elétrons, que	PE3TT5

		são desviados por um campo magnético/ ímã/bobina.	
		Há reconhecimento da presença de um campo magnético que desvia o feixe de elétrons.	
Imagem na Tela		Na TV de TRC o feixe de elétrons incide na tela da TV, produzindo imagem.	PE3TI1
		Reconhece que a imagem é produzida a partir da incidência do feixe de elétrons na tela.	
		Na TV de TRC há sais de fósforo; quando o feixe de elétrons incide nos sais, há liberação de luz de diferentes intensidades, de acordo com a intensidade do feixe de elétrons.	PE3TI2
		Reconhece a presença dos sais de fósforo e seu papel na formação da imagem na tela da TV.	
		Na TV de TRC há sais de fósforo; quando o feixe de elétrons incide nos sais, os átomos ficam excitados e há liberação de luz de diferentes intensidades, quando voltam ao estado normal.	PE3TI3
		Especifica, em termos atômicos, o que ocorre para que a luz seja liberada a partir da incidência de feixe de elétrons na tela coberta por sais de fósforo.	
Varredura		Na TV de TRC o feixe de elétrons varre a tela da TV.	PE3TV1
		Só reconhece que há varredura na tela da TV, sem mencionar como ocorre.	
		A varredura da TRC é feita por um feixe de elétrons de cima para baixo e da esquerda para direita.	PE3TV2
		Há explícita a idéia da varredura horizontal e vertical, mas nada é dito sobre a questão do movimento.	
		A varredura da TRC é feita por um feixe de elétrons de cima para baixo e da esquerda para direita, muito rapidamente até nos fornecer a sensação de movimento.	PE3TV3
		Menciona a varredura horizontal e vertical e rapidez da passagem de quadros estáticos, o que fornece a sensação do movimento; não menciona a questão da percepção visual.	
		O feixe de elétrons faz a varredura da tela vertical e horizontalmente, de forma mais rápida da que possamos perceber: temos então a sensação de movimento.	PE3TV4
		Menciona a varredura horizontal e vertical, a questão do movimento e ainda relaciona essa sensação do movimento à percepção visual.	
Tv DE PLASMA	Plasma	A TV de plasma possui microlâmpadas.	PE3PP1
		Reconhece a presença de um elemento na TV de plasma.	

	A TV de plasma possui microlâmpadas com gás em seu interior	PE3PP2
	Reconhece a existência de gás no interior do elemento da TV.	
	A TV de plasma possui microlâmpadas com gás que são ionizados.	PE3PP3
	Menciona uma característica do gás: sua capacidade de ionização.	
Imagem	A imagem é formada pela ionização do gás.	PE3I1
	Atribui a formação da imagem à ionização do gás, somente.	
	A ddp provoca a formação de íons no gás contido nas microlâmpadas.	PE3PI2
	Reconhece o papel de uma ddp na formação da imagem.	
	A colisão das partículas carregadas, provocadas pela ddp, liberam fótons de energia, produzindo a imagem na tela. Os átomos e os elétrons, atraídos para pólos diferentes, acabam colidindo, liberando fótons de energia que preenchem a tela, formando a imagem	PE3PI3
	Explicação mais sofisticada e detalhada de como há liberação de energia luminosa a partir da ionização do gás.	
Varredura	A varredura é feita pela ionização do gás das microlâmpadas	PE3PV1
	Só reconhece a existência da varredura na TV de plasma, associando-a à ionização do gás.	
	A varredura é feita pela ionização do gás das microlâmpadas de cima para baixo e da esquerda para direita.	PE3PV2
	Há explícita a idéia da varredura horizontal e vertical, mas nada é dito sobre a questão do movimento.	
	A varredura é feita pela ionização do gás das microlâmpadas de cima para baixo e da esquerda para direita, muito rapidamente até nos fornecer a sensação de movimento.	PE3PV3
	Menciona a varredura horizontal e vertical e rapidez da passagem de quadros estáticos, o que fornece a sensação do movimento; não menciona a questão da percepção visual.	
	A varredura da tela é feita pela ionização do gás das microlâmpadas vertical e horizontalmente, de forma mais rápida da que podemos perceber: temos então a sensação de movimento.	PE3PV4
	Menciona a varredura horizontal e vertical, a questão do movimento e ainda relaciona essa sensação do movimento à percepção visual.	

ANEXO 04 Parâmetros dos itens, estimados de acordo com o modelo Rasch e separados por dimensão

Tempo 1									
Domínio	item	Parâmetro	ERROR ^A	UMNSQ	CI	T	WMNSQ	CI	T
E	i09	4,9390	0,7120	1,64	(0,81, 1,19)	5,7	1,04	(0,00, 2,37)	0,3
E	i10	5,6390	1,0040	1,30	(0,81, 1,19)	2,9	1,03	(0,00, 2,96)	0,4
E	i11	5,6390	1,0040	1,30	(0,81, 1,19)	2,9	1,03	(0,00, 2,96)	0,4
E	i41	-1,4560	0,1720	0,91	(0,81, 1,19)	-0,9	0,94	(0,81, 1,19)	-0,6
E	i42	-1,9280	0,1970	0,83	(0,81, 1,19)	-1,9	0,91	(0,74, 1,26)	-0,7
E	i43	-2,6740	0,2580	0,92	(0,81, 1,19)	-0,9	0,95	(0,60, 1,40)	-0,2
E	i44	1,9080	0,1950	0,74	(0,81, 1,19)	-3,0	0,90	(0,75, 1,25)	-0,8
E	i45	-0,0790	0,1420	1,06	(0,81, 1,19)	0,6	1,05	(0,92, 1,08)	1,3
E	i46	-2,0490	0,2050	0,83	(0,81, 1,19)	-1,9	0,91	(0,72, 1,28)	-0,6
E	i47	-1,6100	0,1790	0,91	(0,81, 1,19)	-0,9	0,94	(0,79, 1,21)	-0,5
E	i48	-0,9070	0,1530	0,95	(0,81, 1,19)	-0,5	0,95	(0,87, 1,13)	-0,7
E	i49	-1,3130	0,1660	1,01	(0,81, 1,19)	0,1	0,99	(0,83, 1,17)	-0,1
E	i50	0,0820	0,1420	1,00	(0,81, 1,19)	0,1	1,01	(0,92, 1,08)	0,3
E	i51	-2,4320	0,2350	0,81	(0,81, 1,19)	-2,1	0,93	(0,65, 1,35)	-0,4
E	i52	-1,8520	0,1930	0,92	(0,81, 1,19)	-0,9	0,96	(0,76, 1,24)	-0,3
E	i61	0,5530	0,1450	1,11	(0,81, 1,19)	1,1	1,08	(0,90, 1,10)	1,6
E	i63	2,5060	0,2390	1,47	(0,81, 1,19)	4,4	1,08	(0,63, 1,37)	0,5
E	i64	-0,8380	0,1520	1,04	(0,81, 1,19)	0,5	1,04	(0,88, 1,12)	0,6
E	i66	0,8140	0,1500	1,02	(0,81, 1,19)	0,2	0,99	(0,88, 1,12)	-0,1
H	i05	0,8310	0,1520	1,09	(0,81, 1,19)	1,0	1,07	(0,88, 1,12)	1,1
H	i06	2,1990	0,2130	1,23	(0,81, 1,19)	2,2	1,07	(0,71, 1,29)	0,5
H	i07	5,7070	1,0040	2,08	(0,81, 1,19)	8,7	1,03	(0,00, 2,96)	0,4
H	i08								
H	i15	1,0970	0,1590	0,97	(0,81, 1,19)	-0,3	0,97	(0,86, 1,14)	-0,5
H	i16	1,9490	0,1960	0,86	(0,81, 1,19)	-1,5	0,93	(0,75, 1,25)	-0,5
H	i17	3,8740	0,4180	0,70	(0,81, 1,19)	-3,5	0,99	(0,24, 1,76)	0,1
H	i28	1,7660	0,1860	0,95	(0,81, 1,19)	-0,5	0,97	(0,78, 1,22)	-0,3
H	i29	2,3410	0,2230	0,83	(0,81, 1,19)	-1,9	0,94	(0,68, 1,32)	-0,4
H	i30	4,0640	0,4560	0,49	(0,81, 1,19)	-6,7	0,97	(0,16, 1,84)	0,1
H	i34	4,5920	0,5850	1,74	(0,81, 1,19)	6,4	1,01	(0,00, 2,11)	0,2
H	i35	5,7070	1,0040	0,22	(0,81, 1,19)	12,5	0,99	(0,00, 2,96)	0,3
H	i36	3,2270	0,3150	0,70	(0,81, 1,19)	-3,4	0,96	(0,47, 1,53)	-0,1
H	i37	3,8740	0,4180	0,61	(0,81, 1,19)	-4,8	0,97	(0,24, 1,76)	0,0
H	i38	3,7110	0,3890	0,85	(0,81, 1,19)	-1,6	0,98	(0,31, 1,69)	0,1
H	i39	4,5920	0,5850	0,53	(0,81, 1,19)	-6,0	1,00	(0,00, 2,11)	0,2
H	i40	5,0060	0,7130	0,27	(0,81, 1,19)	11,1	0,98	(0,00, 2,37)	0,2
H	i53	-0,7000	0,1500	0,96	(0,81, 1,19)	-0,4	0,97	(0,89, 1,11)	-0,6
H	i55	-2,1320	0,2090	0,88	(0,81, 1,19)	-1,3	0,96	(0,72, 1,28)	-0,2
H	i56	1,3070	0,1660	1,29	(0,81, 1,19)	2,9	1,13	(0,84, 1,16)	1,5
H	i65	0,6280	0,1480	1,10	(0,81, 1,19)	1,1	1,08	(0,89, 1,11)	1,5
H	i67	-1,4300	0,1710	1,24	(0,81, 1,19)	2,4	1,08	(0,82, 1,18)	0,9
H	i68	-0,6560	0,1490	1,14	(0,81, 1,19)	1,5	1,07	(0,89, 1,11)	1,3
H	i69	0,3500	0,1450	1,13	(0,81, 1,19)	1,4	1,10	(0,91, 1,09)	2,1
H	i71	0,4770	0,1460	1,16	(0,81, 1,19)	1,6	1,12	(0,90, 1,10)	2,4
T	i01	3,8350	0,4170	1,24	(0,81, 1,19)	2,4	1,02	(0,25, 1,75)	0,2
T	i02	4,0240	0,4550	1,18	(0,81, 1,19)	1,8	1,01	(0,17, 1,83)	0,2
T	i03	3,1920	0,3130	1,27	(0,81, 1,19)	2,6	1,03	(0,47, 1,53)	0,2
T	i04	4,5490	0,5840	0,81	(0,81, 1,19)	-2,1	1,00	(0,00, 2,10)	0,2
T	i12	1,4960	0,1720	1,17	(0,81, 1,19)	1,7	1,07	(0,81, 1,19)	0,8
T	i13	3,1920	0,3130	0,93	(0,81, 1,19)	-0,7	0,99	(0,47, 1,53)	0,0
T	i14	5,6620	1,0040	0,41	(0,81, 1,19)	-8,0	0,99	(0,00, 2,94)	0,3
T	i18	1,5260	0,1740	1,20	(0,81, 1,19)	2,0	1,10	(0,81, 1,19)	1,0
T	i19	2,3670	0,2260	1,36	(0,81, 1,19)	3,4	1,07	(0,67, 1,33)	0,5
T	i20	0,9920	0,1550	1,11	(0,81, 1,19)	1,1	1,11	(0,87, 1,13)	1,6
T	i21	2,5290	0,2400	1,07	(0,81, 1,19)	0,8	1,03	(0,64, 1,36)	0,2
T	i22								
T	i23	2,3160	0,2220	1,20	(0,81, 1,19)	2,0	1,05	(0,68, 1,32)	0,3
T	i24	4,9620	0,7120	0,42	(0,81, 1,19)	-7,8	0,98	(0,00, 2,36)	0,2
T	i25	3,2950	0,3270	0,86	(0,81, 1,19)	-1,6	0,98	(0,44, 1,56)	0,0
T	i26								
T	i27								
T	i31	2,3160	0,2220	0,83	(0,81, 1,19)	-1,8	0,96	(0,68, 1,32)	-0,2
T	i32	4,0240	0,4550	1,06	(0,81, 1,19)	0,7	1,00	(0,17, 1,83)	0,1
T	i33								
T	i54	0,3330	0,1440	0,98	(0,81, 1,19)	-0,2	0,98	(0,91, 1,09)	-0,5
T	i57	-2,0680	0,2060	0,98	(0,81, 1,19)	-0,2	0,97	(0,72, 1,28)	-0,2
T	i58	-0,6200	0,1480	1,05	(0,81, 1,19)	0,6	1,03	(0,89, 1,11)	0,5
T	i59	-1,5310	0,1760	1,11	(0,81, 1,19)	1,1	1,04	(0,80, 1,20)	0,4
T	i60	-1,1640	0,1610	1,06	(0,81, 1,19)	0,6	1,00	(0,85, 1,15)	0,0
T	i62	-0,9630	0,1550	0,87	(0,81, 1,19)	-1,4	0,92	(0,87, 1,13)	-1,1
T	i70	0,4790	0,1450	1,06	(0,81, 1,19)	0,7	1,05	(0,90, 1,10)	1,1

Tempo 2									
Domínio	item	Parâmetro	ERROR^A	UMNSQ	CI	T	WMNSQ	CI	T
E	i09	0,6380	0,1470	0,96	(0,81, 1,19)	-0,4	0,97	(0,90, 1,10)	-0,6
E	i10	1,8340	0,1900	0,86	(0,81, 1,19)	-1,5	0,98	(0,76, 1,24)	-0,1
E	i11	2,3960	0,2300	0,85	(0,81, 1,19)	-1,7	1,00	(0,66, 1,34)	0,1
E	i41	-2,6740	0,2580	0,74	(0,81, 1,19)	-3,0	0,96	(0,60, 1,40)	-0,1
E	i42	-2,0490	0,2050	0,76	(0,81, 1,19)	-2,7	0,94	(0,72, 1,28)	-0,4
E	i43	-2,9720	0,2910	0,78	(0,81, 1,19)	-2,5	0,97	(0,52, 1,48)	0,0
E	i44	0,4060	0,1440	0,98	(0,81, 1,19)	-0,2	0,97	(0,91, 1,09)	-0,6
E	i45	-0,4250	0,1440	1,01	(0,81, 1,19)	0,2	1,03	(0,91, 1,09)	0,6
E	i46	-2,5470	0,2450	0,94	(0,81, 1,19)	-0,7	0,98	(0,63, 1,37)	0,0
E	i47	-2,5470	0,2450	0,92	(0,81, 1,19)	-0,9	0,98	(0,63, 1,37)	0,0
E	i48	-1,6100	0,1790	0,92	(0,81, 1,19)	-0,9	0,98	(0,79, 1,21)	-0,2
E	i49	-2,3260	0,2260	0,99	(0,81, 1,19)	0,0	0,99	(0,67, 1,33)	0,0
E	i50	0,0820	0,1420	1,21	(0,81, 1,19)	2,1	1,18	(0,92, 1,08)	4,2
E	i51	-2,6740	0,2580	0,84	(0,81, 1,19)	-1,7	0,98	(0,60, 1,40)	0,0
E	i52	-3,4950	0,3640	0,65	(0,81, 1,19)	-4,3	0,98	(0,36, 1,64)	0,0
E	i61	-0,8150	0,1510	1,01	(0,81, 1,19)	0,2	1,03	(0,88, 1,12)	0,4
E	i63	2,3440	0,2250	1,98	(0,81, 1,19)	8,1	1,16	(0,67, 1,33)	0,9
E	i64	-1,5160	0,1750	1,28	(0,81, 1,19)	2,8	1,15	(0,80, 1,20)	1,5
E	i66	0,5100	0,1450	0,95	(0,81, 1,19)	-0,5	0,94	(0,91, 1,09)	-1,3
H	i05	-0,9080	0,1540	0,95	(0,81, 1,19)	-0,5	0,97	(0,87, 1,13)	-0,5
H	i06	0,8080	0,1520	1,03	(0,81, 1,19)	0,3	1,04	(0,88, 1,12)	0,7
H	i07	1,8370	0,1900	0,93	(0,81, 1,19)	-0,7	1,02	(0,77, 1,23)	0,2
H	i08	2,8110	0,2660	0,97	(0,81, 1,19)	-0,3	1,02	(0,58, 1,42)	0,2
H	i15	0,0180	0,1430	1,08	(0,81, 1,19)	0,9	1,07	(0,91, 1,09)	1,5
H	i16	1,0720	0,1580	1,07	(0,81, 1,19)	0,8	0,98	(0,86, 1,14)	-0,2
H	i17	2,0690	0,2040	0,85	(0,81, 1,19)	-1,7	0,93	(0,73, 1,27)	-0,5
H	i28	-0,8840	0,1540	0,82	(0,81, 1,19)	-2,0	0,88	(0,87, 1,13)	-1,9
H	i29	-0,1050	0,1440	0,82	(0,81, 1,19)	-2,0	0,84	(0,91, 1,09)	-3,8
H	i30	2,6770	0,2520	0,72	(0,81, 1,19)	-3,3	0,96	(0,61, 1,39)	-0,1
H	i34	0,7620	0,1510	0,96	(0,81, 1,19)	-0,4	0,97	(0,89, 1,11)	-0,4
H	i35	2,5560	0,2410	1,16	(0,81, 1,19)	1,6	1,03	(0,64, 1,36)	0,2
H	i36	-0,6120	0,1480	0,78	(0,81, 1,19)	-2,5	0,82	(0,89, 1,11)	-3,4
H	i37	0,7400	0,1500	0,87	(0,81, 1,19)	-1,4	0,91	(0,89, 1,11)	-1,6
H	i38	0,9010	0,1540	0,78	(0,81, 1,19)	-2,5	0,85	(0,87, 1,13)	-2,5
H	i39	1,7660	0,1860	0,72	(0,81, 1,19)	-3,2	0,89	(0,78, 1,22)	-1,0
H	i40	2,1990	0,2130	0,98	(0,81, 1,19)	-0,2	1,00	(0,71, 1,29)	0,1
H	i53	-1,5200	0,1750	0,89	(0,81, 1,19)	-1,2	0,99	(0,81, 1,19)	0,0
H	i55	-3,5430	0,3650	2,15	(0,81, 1,19)	9,2	1,03	(0,36, 1,64)	0,2
H	i56	0,1420	0,1440	1,08	(0,81, 1,19)	0,8	1,05	(0,91, 1,09)	1,1
H	i65	-0,1050	0,1440	1,06	(0,81, 1,19)	0,7	1,04	(0,91, 1,09)	0,8
H	i67	-2,1770	0,2120	1,25	(0,81, 1,19)	2,5	1,01	(0,71, 1,29)	0,1
H	i68	-1,4010	0,1700	1,14	(0,81, 1,19)	1,5	1,06	(0,82, 1,18)	0,7
H	i69	-0,2910	0,1440	1,23	(0,81, 1,19)	2,3	1,20	(0,91, 1,09)	4,0
H	i71	-1,1550	0,1610	0,98	(0,81, 1,19)	-0,2	0,98	(0,85, 1,15)	-0,2
T	i01	1,5260	0,1740	1,04	(0,81, 1,19)	0,4	1,02	(0,81, 1,19)	0,2
T	i02	1,8200	0,1880	1,00	(0,81, 1,19)	0,0	1,00	(0,77, 1,23)	0,0
T	i03	0,7610	0,1500	1,08	(0,81, 1,19)	0,9	1,07	(0,89, 1,11)	1,3
T	i04	2,8530	0,2720	1,02	(0,81, 1,19)	0,3	1,00	(0,56, 1,44)	0,1
T	i12	-0,3430	0,1440	0,99	(0,81, 1,19)	-0,1	0,99	(0,91, 1,09)	-0,1
T	i13	1,2440	0,1630	0,74	(0,81, 1,19)	-2,9	0,85	(0,84, 1,16)	-1,9
T	i14	2,9290	0,2810	0,64	(0,81, 1,19)	-4,4	0,94	(0,54, 1,46)	-0,2
T	i18	-0,3010	0,1440	1,06	(0,81, 1,19)	0,7	1,06	(0,91, 1,09)	1,3
T	i19	0,5850	0,1470	1,07	(0,81, 1,19)	0,8	1,07	(0,90, 1,10)	1,4
T	i20	-0,1370	0,1430	1,09	(0,81, 1,19)	0,9	1,08	(0,91, 1,09)	1,8
T	i21	0,8980	0,1530	1,08	(0,81, 1,19)	0,8	1,04	(0,88, 1,12)	0,6
T	i22	2,2210	0,2140	0,96	(0,81, 1,19)	-0,4	1,03	(0,70, 1,30)	0,2
T	i23	0,6500	0,1480	1,05	(0,81, 1,19)	0,5	1,05	(0,89, 1,11)	0,9
T	i24	1,8560	0,1900	0,96	(0,81, 1,19)	-0,4	1,02	(0,76, 1,24)	0,2
T	i25	0,4370	0,1450	0,85	(0,81, 1,19)	-1,6	0,89	(0,91, 1,09)	-2,4
T	i26	1,7850	0,1870	0,81	(0,81, 1,19)	-2,1	0,95	(0,77, 1,23)	-0,4
T	i27	2,9290	0,2810	0,66	(0,81, 1,19)	-4,0	0,95	(0,54, 1,46)	-0,1
T	i31	-0,6200	0,1480	0,82	(0,81, 1,19)	-1,9	0,87	(0,89, 1,11)	-2,6
T	i32	0,5210	0,1460	0,94	(0,81, 1,19)	-0,6	0,95	(0,90, 1,10)	-1,0
T	i33	2,7810	0,2640	0,82	(0,81, 1,19)	-2,0	0,98	(0,58, 1,42)	0,0
T	i54	-0,7760	0,1510	0,92	(0,81, 1,19)	-0,9	0,94	(0,88, 1,12)	-0,9
T	i57	-4,0110	0,4560	0,80	(0,81, 1,19)	-2,2	0,99	(0,17, 1,83)	0,1
T	i58	-1,0870	0,1590	1,04	(0,81, 1,19)	0,4	1,01	(0,85, 1,15)	0,2
T	i59	-3,2800	0,3280	1,48	(0,81, 1,19)	4,5	1,01	(0,44, 1,56)	0,1
T	i60	-2,7630	0,2650	0,91	(0,81, 1,19)	-0,9	0,98	(0,58, 1,42)	0,0
T	i62	-1,9070	0,1960	1,08	(0,81, 1,19)	0,8	1,02	(0,75, 1,25)	0,2
T	i70	-1,2170	0,1630	0,82	(0,81, 1,19)	-2,0	0,88	(0,84, 1,16)	-1,5

ANEXO 05**Teste de Análise da Variância (ANOVA) e comparações múltiplas dos ganhos de proficiência em cada domínio.****Teste de Homogeneidade das Variâncias**

	Estadística Levene	df1	df2	Sig.
Ganho (GT)	3,766	5	215	,003
Ganho (GH)	1,786	5	215	,117
Ganho (GE)	1,545	5	215	,177

ANOVA

		<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Ganho (GT)	<i>Between Groups</i>	156,042	5	31,208	17,495	,000
	<i>Within Groups</i>	383,535	215	1,784		
	<i>Total</i>	539,577	220			
Ganho (GH)	<i>Between Groups</i>	106,046	5	21,209	11,174	,000
	<i>Within Groups</i>	408,069	215	1,898		
	<i>Total</i>	514,115	220			
Ganho (GE)	<i>Between Groups</i>	115,038	5	23,008	13,685	,000
	<i>Within Groups</i>	361,473	215	1,681		
	<i>Total</i>	476,511	220			

Teste Robusto de Igualdade de Médias

		<i>Statistic^a</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
Ganho (GT)	<i>Brown-Forsythe</i>	16,816	5	89,292	,000
Ganho (GH)	<i>Brown-Forsythe</i>	10,086	5	101,949	,000
Ganho (GE)	<i>Brown-Forsythe</i>	12,813	5	104,543	,000

a. Asymptotically F distributed.

Comparações Múltiplas

Dependent Variable	(I) grupos de ganho	(J) grupos de ganho	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
Domínio Tecnológico Tamhane	1	2	-2,25046609*	,47830216	,001	-3,8059088	-,6950234	
		3	-1,45404372	,53763919	,149	-3,1498178	,2417303	
		4	-2,13151196*	,49063867	,003	-3,7135614	-,5494625	
		5	,14032400	,49885986	1,000	-1,4613552	1,7420032	
		6	-1,39837626	,47706882	,106	-2,9518873	,1551347	
		2	1	2,25046609*	,47830216	,001	,6950234	3,8059088
	2	3	,79642237	,33080653	,276	-,2410786	1,8339233	
		4	,11895413	,24719095	1,000	-,6339859	,8718941	
		5	2,39079009*	,26313157	,000	1,5748586	3,2067216	
		6	,85208984*	,21902447	,002	,1980860	1,5060937	
		3	1	1,45404372	,53763919	,149	-,2417303	3,1498178
		2	-,79642237	,33080653	,276	-1,8339233	,2410786	
	3	4	-,67746824	,34840538	,599	-1,7643565	,4094200	
		5	1,59436772*	,35989049	,001	,4718388	2,7168966	
		6	,05566746	,32902076	1,000	-,9787351	1,0900701	
		4	1	2,13151196*	,49063867	,003	,5494625	3,7135614
		2	-,11895413	,24719095	1,000	-,8718941	,6339859	
		3	,67746824	,34840538	,599	-,4094200	1,7643565	
	4	5	2,27183596*	,28494135	,000	1,3869747	3,1566972	
		6	,73313571	,24479597	,060	-,0157869	1,4820583	
		5	1	-,14032400	,49885986	1,000	-1,7420032	1,4613552
		2	-2,39079009*	,26313157	,000	-3,2067216	-1,5748586	
		3	-1,59436772*	,35989049	,001	-2,7168966	-,4718388	
		4	-2,27183596*	,28494135	,000	-3,1566972	-1,3869747	
5	6	-1,53870026*	,26088297	,000	-2,3511019	-,7262987		
	6	1	1,39837626	,47706882	,106	-,1551347	2,9518873	
	2	-,85208984*	,21902447	,002	-1,5060937	-,1980860		
	3	-,05566746	,32902076	1,000	-1,0900701	,9787351		
	4	-,73313571	,24479597	,060	-1,4820583	,0157869		
	5	1,53870026*	,26088297	,000	,7262987	2,3511019		

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Comparações Múltiplas

Dependent Variable		(I) grupos de ganho	(J) grupos de ganho	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Domínio Híbrido	Bonferroni	1	2	-,6733440	,3431723	,766	-1,692002	,345314
			3	,2359140	,4212141	1,000	-1,014401	1,486228
			4	,5721163	,4097556	1,000	-,644185	1,788418
			5	-,7631450	,4356599	1,000	-2,056340	,530050
			6	-1,5707848*	,3655604	,000	-2,655899	-,485671
			2	1	,6733440	,3431723	,766	-,345314
	3	,9092579	,3246367	,083	-,054380	1,872896		
	4	1,2454602*	,3096244	,001	,326384	2,164536		
	5	-,0898010	,3431723	1,000	-1,108459	,928857		
	6	-,8974408*	,2481976	,006	-1,634180	-,160702		
	3	1	-,2359140	,4212141	1,000	-1,486228	1,014401	
	2	-,9092579	,3246367	,083	-1,872896	,054380		
	4	,3362023	,3943620	1,000	-,834405	1,506810		
	5	-,9990590	,4212141	,279	-2,249373	,251256		
	6	-1,8066988*	,3482186	,000	-2,840336	-,773061		
	4	1	-,5721163	,4097556	1,000	-1,788418	,644185	
	2	-1,2454602*	,3096244	,001	-2,164536	-,326384		
	3	-,3362023	,3943620	1,000	-1,506810	,834405		
	5	-1,3352613*	,4097556	,020	-2,551563	-,118960		
	6	-2,1429011*	,3342670	,000	-3,135125	-1,150677		
	5	1	,7631450	,4356599	1,000	-,530050	2,056340	
	2	,0898010	,3431723	1,000	-,928857	1,108459		
	3	,9990590	,4212141	,279	-,251256	2,249373		
	4	1,3352613*	,4097556	,020	,118960	2,551563		
6	-,8076398	,3655604	,423	-1,892754	,277474			
6	1	1,5707848*	,3655604	,000	,485671	2,655899		
2	,8974408*	,2481976	,006	,160702	1,634180			
3	1,8066988*	,3482186	,000	,773061	2,840336			
4	2,1429011*	,3342670	,000	1,150677	3,135125			
5	,8076398	,3655604	,423	-,277474	1,892754			

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Comparações Múltiplas

Dependent Variable		(I) grupos de ganho	(J) grupos de ganho	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Domínio Escolar	Bonferroni	1	2	1,48954270*	,32298561	,000	,5308057	2,4482797
			3	-,67309765	,39643676	1,000	-1,8498640	,5036687
			4	,31941685	,38565223	1,000	-,8253372	1,4641709
			5	,76089950	,41003280	,973	-,4562248	1,9780238
			6	1,19495882*	,34405677	,009	,1736750	2,2162426
			2	1	-1,48954270*	,32298561	,000	-2,4482797
	3	2	-2,16264035*	,30554035	,000	-3,0695936	-1,2556871	
	4	3	-1,17012585*	,29141113	,001	-2,0351385	-,3051132	
	5	4	-,72864320	,32298561	,376	-1,6873802	,2300938	
	6	5	-,29458388	,23359766	1,000	-,9879854	,3988177	
	3	1	,67309765	,39643676	1,000	-,5036687	1,8498640	
	2	2	2,16264035*	,30554035	,000	1,2556871	3,0695936	
	4	3	,99251450	,37116417	,121	-,1092338	2,0942628	
	5	4	1,43399715*	,39643676	,006	,2572308	2,6107635	
	6	5	1,86805647*	,32773505	,000	,8952214	2,8408915	
	4	1	-,31941685	,38565223	1,000	-1,4641709	,8253372	
	2	2	1,17012585*	,29141113	,001	,3051132	2,0351385	
	3	3	-,99251450	,37116417	,121	-2,0942628	,1092338	
	5	4	,44148265	,38565223	1,000	-,7032714	1,5862367	
	6	5	,87554197	,31460420	,088	-,0583160	1,8094000	
	5	1	-,76089950	,41003280	,973	-1,9780238	,4562248	
	2	2	,72864320	,32298561	,376	-,2300938	1,6873802	
	3	3	-1,43399715*	,39643676	,006	-2,6107635	-,2572308	
	4	4	-,44148265	,38565223	1,000	-1,5862367	,7032714	
6	5	,43405932	,34405677	1,000	-,5872245	1,4553431		
6	1	-1,19495882*	,34405677	,009	-2,2162426	-,1736750		
2	2	,29458388	,23359766	1,000	-,3988177	,9879854		
3	3	-1,86805647*	,32773505	,000	-2,8408915	-,8952214		
4	4	-,87554197	,31460420	,088	-1,8094000	,0583160		
5	5	-,43405932	,34405677	1,000	-1,4553431	,5872245		

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ANEXO 06

Teste de Análise da Variância (ANOVA) e comparações múltiplas das proficiências no pré teste e pós teste em cada

Pré Teste

Teste de Homogeneidade das Variâncias

	Estatística Levene	df1	df2	Sig.
Tecnológico	12,912	5	215	,000
Híbrido	13,978	5	215	,000
Escolar	20,354	5	215	,000

ANOVA

	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Tecnológico <i>Between Groups</i>	83,658	5	16,732	14,764	,000
<i>Within Groups</i>	243,651	215	1,133		
<i>Total</i>	327,309	220			
Híbrido <i>Between Groups</i>	49,061	5	9,812	8,787	,000
<i>Within Groups</i>	240,081	215	1,117		
<i>Total</i>	289,142	220			
Escolar <i>Between Groups</i>	85,493	5	17,099	15,429	,000
<i>Within Groups</i>	238,263	215	1,108		
<i>Total</i>	323,755	220			

Teste Robusto de Igualdade de Médias

	<i>Statistic^a</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
Tecnológico <i>Brown-Forsythe</i>	12,308	5	73,545	,000
Híbrido <i>Brown-Forsythe</i>	7,101	5	71,007	,000
Escolar <i>Brown-Forsythe</i>	12,150	5	54,779	,000

a. Asymptotically F distributed.

Comparações Múltiplas								
Dependent Variable		(I) grupos de ganho	(J) grupos de ganho	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Domínio Tecnológico	Tamhane	1	2	-1,83801804*	,26039857	,000	-2,6876441	-,9883920
			3	-1,54078689*	,18595361	,000	-2,1026670	-,9789068
			4	-,94320835*	,15385338	,000	-1,4060522	-,4803645
			5	,00323311	,42503269	1,000	-1,3508373	1,3573035
			6	-,50983278	,23004319	,366	-1,2072634	,1875978
			2	1	1,83801804*	,26039857	,000	,9883920
	3	,29723114	,25906557	,990	-,5521198	1,1465821		
	4	,89480969*	,23708034	,024	,0831243	1,7064951		
	5	1,84125114*	,46172395	,005	,3906747	3,2918275		
	6	1,32818525*	,29232875	,001	,4036401	2,2527304		
	3	1	1,54078689*	,18595361	,000	,9789068	2,1026670	
	2	-,29723114	,25906557	,990	-1,1465821	,5521198		
	4	,59757854*	,15158634	,004	,1316253	1,0635318		
	5	1,54402000*	,42421732	,016	,1911825	2,8968575		
	6	1,03095411*	,22853320	,000	,3347772	1,7271310		
	4	1	,94320835*	,15385338	,000	,4803645	1,4060522	
	2	-,89480969*	,23708034	,024	-1,7064951	-,0831243		
	3	-,59757854*	,15158634	,004	-1,0635318	-,1316253		
	5	,94644146	,41115989	,364	-,3792457	2,2721287		
	6	,43337557	,20327209	,442	-,1925216	1,0592728		
	5	1	-,00323311	,42503269	1,000	-1,3573035	1,3508373	
	2	-1,84125114*	,46172395	,005	-3,2918275	-,3906747		
	3	-1,54402000*	,42421732	,016	-2,8968575	-,1911825		
	4	-,94644146	,41115989	,364	-2,2721287	,3792457		
6	-,51306589	,44531053	,988	-1,9135474	,8874157			
6	1	,50983278	,23004319	,366	-,1875978	1,2072634		
2	-1,32818525*	,29232875	,001	-2,2527304	-,4036401			
3	-1,03095411*	,22853320	,000	-1,7271310	-,3347772			
4	-,43337557	,20327209	,442	-1,0592728	,1925216			
5	,51306589	,44531053	,988	-,8874157	1,9135474			

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Comparações Múltiplas								
Dependent Variable		(I) grupos de ganho	(J) grupos de ganho	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Domínio Híbrido	Tamhane	1	2	-,48941143	,24025604	,565	-1,2782189	,2993961
			3	,33710752	,20539162	,815	-,2906164	,9648315
			4	,43850574*	,13978816	,034	,0187152	,8582963
			5	,31972206	,42883343	1,000	-1,0523593	1,6918034
			6	-,87758147*	,21452232	,002	-1,5294532	-,2257097
			2	1	,48941143	,24025604	,565	-,2993961
	3	3	,82651895	,26920126	,066	-,0301802	1,6832181	
	4	4	,92791717*	,22321365	,010	,1662873	1,6895471	
	5	5	,80913349	,46279770	,755	-,6482434	2,2665104	
	6	6	-,38817004	,27623075	,938	-1,2602680	,4839279	
	3	1	-,33710752	,20539162	,815	-,9648315	,2906164	
	2	2	-,82651895	,26920126	,066	-1,6832181	,0301802	
	4	4	,10139821	,18516771	1,000	-,4739739	,6767703	
	5	5	-,01738547	,44569548	1,000	-1,4271188	1,3923479	
	6	6	-1,21468899*	,24650797	,000	-1,9639694	-,4654085	
	4	1	-,43850574*	,13978816	,034	-,8582963	-,0187152	
	2	2	-,92791717*	,22321365	,010	-1,6895471	-,1662873	
	3	3	-,10139821	,18516771	1,000	-,6767703	,4739739	
	5	5	-,11878368	,41952291	1,000	-1,4721636	1,2345962	
	6	6	-1,31608721*	,19524649	,000	-1,9168540	-,7153204	
	5	1	-,31972206	,42883343	1,000	-1,6918034	1,0523593	
	2	2	-,80913349	,46279770	,755	-2,2665104	,6482434	
	3	3	,01738547	,44569548	1,000	-1,3923479	1,4271188	
	4	4	,11878368	,41952291	1,000	-1,2345962	1,4721636	
	6	6	-1,19730352	,44997619	,165	-2,6164248	,2218178	
	6	1	,87758147*	,21452232	,002	,2257097	1,5294532	
	2	2	,38817004	,27623075	,938	-,4839279	1,2602680	
	3	3	1,21468899*	,24650797	,000	,4654085	1,9639694	
	4	4	1,31608721*	,19524649	,000	,7153204	1,9168540	
	5	5	1,19730352	,44997619	,165	-,2218178	2,6164248	

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Comparações Múltiplas								
Dependent Variable		(I) grupos de ganho	(J) grupos de ganho	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Domínio Escolar	Tamhane	1	2	,82670768*	,24414935	,038	,0277485	1,6256669
			3	,49704554	,17237486	,074	-,0240013	1,0180924
			4	-,06476124	,14420888	1,000	-,4980382	,3685157
			5	1,96094714*	,46774768	,004	,4624382	3,4594560
			6	,34448500	,19094769	,690	-,2321442	,9211142
			2	1	-,82670768*	,24414935	,038	-1,6256669
		3	3	-,32966214	,24411614	,958	-1,1306752	,4713509
		4	4	-,89146892*	,22511285	,016	-1,6595199	-,1234180
		5	5	1,13423946	,49866570	,363	-,4399226	2,7084015
		6	6	-,48222268	,25756672	,676	-1,3109060	,3464606
		3	1	-,49704554	,17237486	,074	-1,0180924	,0240013
		2	2	,32966214	,24411614	,958	-,4713509	1,1306752
		4	4	-,56180678*	,14415265	,004	-1,0038903	-,1197232
		5	5	1,46390160	,46773034	,060	-,0348612	2,9626644
		6	6	-,15256054	,19090523	1,000	-,7329215	,4278004
		4	1	,06476124	,14420888	1,000	-,3685157	,4980382
		2	2	,89146892*	,22511285	,016	,1234180	1,6595199
		3	3	,56180678*	,14415265	,004	,1197232	1,0038903
		5	5	2,02570838*	,45809910	,002	,5464159	3,5050009
		6	6	,40924624	,16591538	,224	-,0981729	,9166654
		5	1	-1,96094714*	,46774768	,004	-3,4594560	-,4624382
		2	2	-1,13423946	,49866570	,363	-2,7084015	,4399226
		3	3	-1,46390160	,46773034	,060	-2,9626644	,0348612
		4	4	-2,02570838*	,45809910	,002	-3,5050009	-,5464159
6	6	-1,61646214*	,47488904	,029	-3,1302231	-,1027011		
6	1	-,34448500	,19094769	,690	-,9211142	,2321442		
2	2	,48222268	,25756672	,676	-,3464606	1,3109060		
3	3	,15256054	,19090523	1,000	-,4278004	,7329215		
4	4	-,40924624	,16591538	,224	-,9166654	,0981729		
5	5	1,61646214*	,47488904	,029	,1027011	3,1302231		

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Pós Teste

Teste de Homogeneidade das Variâncias

	Estatística Levene	df1	df2	Sig.
Tecnológico	2,167	5	215	,059
Híbrido	2,796	5	215	,018
Escolar	1,599	5	215	,162

ANOVA

		<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Sig.</i>
Tecnológico	Between Groups	103,549	5	20,710	19,792	,000
	Within Groups	224,975	215	1,046		
	Total	328,524	220			
Híbrido	Between Groups	110,766	5	22,153	20,174	,000
	Within Groups	236,091	215	1,098		
	Total	346,857	220			
Escolar	Between Groups	50,259	5	10,052	9,055	,000
	Within Groups	238,665	215	1,110		
	Total	288,924	220			

Teste Robusto de Igualdade de Médias

		<i>Statistic^a</i>	<i>df1</i>	<i>df2</i>	<i>Sig.</i>
Tecnológico	<i>Brown-Forsythe</i>	18,785	5	162,452	,000
Híbrido	<i>Brown-Forsythe</i>	18,864	5	156,462	,000
Escolar	<i>Brown-Forsythe</i>	8,497	5	142,937	,000

a. Asymptotically F distributed.

Comparações Múltiplas								
Dependent Variable		(I) grupos de ganho	(J) grupos de ganho	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Domínio Tecnológico	Tamhane	1	2	-1,9368885*	,2938329	,000	-2,852466	-1,021311
			3	-1,4079750*	,3092448	,001	-2,365880	-,450070
			4	-,3980239	,3087963	,968	-1,355248	,559200
			5	-1,2253609*	,2786021	,002	-2,104663	-,346059
			6	-,2973561	,3237192	,999	-1,296815	,702103
			2	1	1,9368885*	,2938329	,000	1,021311
	3	,5289135	,2309809	,316	-,170812	1,228639		
	4	1,5388645*	,2303801	,000	,839809	2,237920		
	5	,7115276*	,1879866	,004	,147247	1,275808		
	6	1,6395323*	,2500279	,000	,875876	2,403188		
	3	1	1,4079750*	,3092448	,001	,450070	2,365880	
	2	-,5289135	,2309809	,316	-1,228639	,170812		
	4	1,0099511*	,2497390	,002	,249487	1,770415		
	5	,1826141	,2112665	,999	-,462338	,827566		
	6	1,1106189*	,2679712	,002	,292298	1,928940		
	4	1	,3980239	,3087963	,968	-,559200	1,355248	
	2	-1,5388645*	,2303801	,000	-2,237920	-,839809		
	3	-1,0099511*	,2497390	,002	-1,770415	-,249487		
	5	-,8273370*	,2106094	,004	-1,471817	-,182856		
	6	,1006678	,2674535	1,000	-,716925	,918261		
	5	1	1,2253609*	,2786021	,002	,346059	2,104663	
	2	-,7115276*	,1879866	,004	-1,275808	-,147247		
	3	-,1826141	,2112665	,999	-,827566	,462338		
	4	,8273370*	,2106094	,004	,182856	1,471817		
6	,9280047*	,2319382	,003	,212363	1,643646			
6	1	,2973561	,3237192	,999	-,702103	1,296815		
2	-1,6395323*	,2500279	,000	-2,403188	-,875876			
3	-1,1106189*	,2679712	,002	-1,928940	-,292298			
4	-,1006678	,2674535	1,000	-,918261	,716925			
5	-,9280047*	,2319382	,003	-1,643646	-,212363			

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Comparações Múltiplas

Dependent Variable	(I) grupos de ganho	(J) grupos de ganho	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval		
						Lower Bound	Upper Bound	
Domínio Híbrido	Bonferroni	1	2	-,47025730	,25782348	1,000	-1,2355698	,2950552
			3	,52559333	,28112243	,943	-,3088788	1,3600654
			4	,98838538*	,28491515	,009	,1426551	1,8341156
			5	-1,00819412*	,25939439	,002	-1,7781696	-,2382186
			6	-,83765575	,28917049	,062	-1,6960174	,0207059
			2	1	,47025730	,25782348	1,000	-,2950552
	3	,99585063*	,23236728	,000	,3061013	1,6856000		
	4	1,45864267*	,23694171	,000	,7553148	2,1619706		
	5	-,53793682	,20554850	,142	-1,1480784	,0722048		
	6	-,36739845	,24204196	1,000	-1,0858657	,3510688		
	3	1	-,52559333	,28112243	,943	-1,3600654	,3088788	
	2	-,99585063*	,23236728	,000	-1,6856000	-,3061013		
	4	,46279204	,26210351	1,000	-,3152251	1,2408092		
	5	-1,53378745*	,23410907	,000	-2,2287071	-,8388678		
	6	-1,36324908*	,26672304	,000	-2,1549787	-,5715195		
	4	1	-,98838538*	,28491515	,009	-1,8341156	-,1426551	
	2	-1,45864267*	,23694171	,000	-2,1619706	-,7553148		
	3	-,46279204	,26210351	1,000	-1,2408092	,3152251		
	5	-1,99657949*	,23865012	,000	-2,7049786	-1,2881804		
	6	-1,82604112*	,27071757	,000	-2,6296279	-1,0224544		
	5	1	1,00819412*	,25939439	,002	,2382186	1,7781696	
	2	,53793682	,20554850	,142	-,0722048	1,1480784		
	3	1,53378745*	,23410907	,000	,8388678	2,2287071		
	4	1,99657949*	,23865012	,000	1,2881804	2,7049786		
6	,17053837	,24371461	1,000	-,5528939	,8939707			
6	1	,83765575	,28917049	,062	-,0207059	1,6960174		
2	,36739845	,24204196	1,000	-,3510688	1,0858657			
3	1,36324908*	,26672304	,000	,5715195	2,1549787			
4	1,82604112*	,27071757	,000	1,0224544	2,6296279			
5	-,17053837	,24371461	1,000	-,8939707	,5528939			
2	-,47025730	,25782348	1,000	-1,2355698	,2950552			

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Comparações Múltiplas								
Dependent Variable		(I) grupos de ganho	(J) grupos de ganho	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
							Lower Bound	Upper Bound
Domínio Escolar	Tamhane	1	2	1,34998962*	,33256982	,004	,3102069	2,3897723
			3	,49338758	,33405936	,910	-,5518149	1,5385901
			4	,21441903	,34113978	1,000	-,8492226	1,2780607
			5	1,05704824*	,31238599	,030	,0638279	2,0502686
			6	,49776103	,35248640	,933	-,5965557	1,5920778
			2	1	-1,34998962*	,33256982	,004	-2,3897723
	3	1	-,85660205*	,22844572	,005	-1,5464209	-,1667832	
	4	1	-1,13557059*	,23868000	,000	-1,8585138	-,4126274	
	5	1	-,29294139	,19538884	,891	-,8801686	,2942858	
	6	1	-,85222859*	,25463396	,021	-1,6274776	-,0769796	
	3	2	-,49338758	,33405936	,910	-1,5385901	,5518149	
	4	2	,85660205*	,22844572	,005	,1667832	1,5464209	
	5	2	-,27896854	,24075114	,987	-1,0124267	,4544897	
	6	2	,56366066	,19791354	,086	-,0394733	1,1667946	
	6	3	,00437346	,25657635	1,000	-,7801023	,7888492	
	4	3	-,21441903	,34113978	1,000	-1,2780607	,8492226	
	2	3	1,13557059*	,23868000	,000	,4126274	1,8585138	
	3	3	,27896854	,24075114	,987	-,4544897	1,0124267	
	5	3	,84262920*	,20964366	,003	,2003226	1,4849358	
	6	3	,28334200	,26572941	,994	-,5287580	1,0954420	
	5	4	-1,05704824*	,31238599	,030	-2,0502686	-,0638279	
	2	4	,29294139	,19538884	,891	-,2942858	,8801686	
	3	4	-,56366066	,19791354	,086	-1,1667946	,0394733	
	4	4	-,84262920*	,20964366	,003	-1,4849358	-,2003226	
6	4	-,55928720	,22764178	,237	-1,2620338	,1434594		
6	5	1	-,49776103	,35248640	,933	-1,5920778	,5965557	
2	5	1	,85222859*	,25463396	,021	,0769796	1,6274776	
3	5	1	-,00437346	,25657635	1,000	-,7888492	,7801023	
4	5	1	-,28334200	,26572941	,994	-1,0954420	,5287580	
5	5	1	,55928720	,22764178	,237	-,1434594	1,2620338	

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ANEXO 08

Coefficientes da Regressão Múltipla para proficiência no Domínio Tecnológico

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1 (Constant)	1,134	,103		10,971	,000		
Tec1	-,822	,067	-,641	-12,343	,000	1,000	1,000
2 (Constant)	,373	,116		3,208	,002		
Tec1	-,966	,058	-,752	-16,771	,000	,935	1,070
série	1,376	,141	,438	9,766	,000	,935	1,070
3 (Constant)	,645	,116		5,582	,000		
Tec1	-,955	,053	-,744	-17,975	,000	,934	1,071
série	1,111	,136	,354	8,140	,000	,846	1,182
m18	-1,356	,215	-,265	-6,300	,000	,903	1,107
4 (Constant)	,446	,113		3,943	,000		
Tec1	-,797	,056	-,621	-14,142	,000	,719	1,390
série	,853	,135	,272	6,334	,000	,754	1,325
m18	-1,241	,202	-,243	-6,157	,000	,894	1,118
Ganho (GH)	,261	,045	,255	5,828	,000	,723	1,383
5 (Constant)	,462	,110		4,201	,000		
Tec1	-,908	,063	-,707	-14,486	,000	,551	1,815
série	,617	,146	,197	4,223	,000	,606	1,649
m18	-,993	,208	-,194	-4,782	,000	,798	1,253
Ganho (GH)	,400	,058	,391	6,908	,000	,410	2,439
Hib1	,333	,092	,244	3,642	,000	,292	3,419
6 (Constant)	,486	,108		4,498	,000		
Tec1	-,908	,061	-,707	-14,800	,000	,551	1,815
série	,723	,147	,230	4,928	,000	,576	1,737
m18	-,968	,203	-,189	-4,761	,000	,797	1,255
Ganho (GH)	,413	,057	,403	7,255	,000	,408	2,449
Hib1	,371	,090	,272	4,108	,000	,288	3,478
m35	-,661	,205	-,124	-3,226	,001	,850	1,177
7 (Constant)	,585	,115		5,090	,000		
Tec1	-,916	,061	-,713	-15,065	,000	,549	1,821
série	,645	,149	,205	4,329	,000	,547	1,828
m18	-1,091	,208	-,213	-5,246	,000	,746	1,340
Ganho (GH)	,395	,057	,386	6,964	,000	,401	2,491
Hib1	,352	,090	,257	3,916	,000	,285	3,508
m35	-,653	,203	-,123	-3,218	,001	,850	1,177
m14	-,469	,200	-,090	-2,346	,020	,841	1,189
8 (Constant)	,613	,115		5,340	,000		
Tec1	-,911	,060	-,710	-15,093	,000	,548	1,823
série	,761	,158	,243	4,829	,000	,481	2,081
m18	-1,102	,206	-,215	-5,343	,000	,746	1,341
Ganho (GH)	,379	,057	,370	6,672	,000	,394	2,537
Hib1	,348	,089	,255	3,907	,000	,285	3,509
m35	-,766	,208	-,144	-3,679	,000	,794	1,260
m14	-,471	,198	-,090	-2,378	,018	,841	1,189
m31	-,470	,222	-,082	-2,118	,035	,805	1,242

a. Dependent Variable: Ganho (GT)

ANEXO 09

Coefficientes da Regressão Múltipla para proficiência no Domínio Híbrido

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1 (Constant)	,613	,131		4,690	,000		
Ganho (GT)	,587	,053	,601	11,141	,000	1,000	1,000
2 (Constant)	,400	,115		3,480	,001		
Ganho (GT)	,440	,048	,451	9,103	,000	,881	1,136
Hib1	-,582	,066	-,436	-8,808	,000	,881	1,136
3 (Constant)	-,007	,118		-,063	,950		
Ganho (GT)	,299	,048	,306	6,278	,000	,734	1,363
Hib1	-,805	,067	-,604	-12,044	,000	,694	1,440
série	1,081	,149	,353	7,268	,000	,741	1,350
4 (Constant)	,020	,112		,182	,856		
Ganho (GT)	,498	,060	,510	8,230	,000	,410	2,438
Hib1	-,976	,072	-,732	-13,505	,000	,536	1,866
série	,784	,153	,256	5,112	,000	,628	1,593
Tec1	,439	,089	,350	4,951	,000	,315	3,174
5 (Constant)	-,014	,111		-,130	,897		
Ganho (GT)	,504	,059	,517	8,477	,000	,410	2,441
Hib1	-1,004	,072	-,753	-14,010	,000	,526	1,900
série	,911	,157	,297	5,807	,000	,580	1,724
Tec1	,446	,087	,356	5,124	,000	,315	3,177
m32	-,718	,245	-,122	-2,932	,004	,879	1,138
6 (Constant)	-,102	,116		-,880	,380		
Ganho (GT)	,473	,060	,485	7,839	,000	,390	2,566
Hib1	-1,009	,071	-,757	-14,216	,000	,526	1,902
série	1,053	,167	,343	6,319	,000	,504	1,984
Tec1	,420	,087	,335	4,825	,000	,309	3,232
m32	-,715	,242	-,121	-2,951	,004	,879	1,138
m15	,473	,202	,098	2,347	,020	,850	1,176
7 (Constant)	-,191	,122		-1,564	,119		
Ganho (GT)	,465	,060	,476	7,747	,000	,388	2,577
Hib1	-1,017	,070	-,762	-14,427	,000	,524	1,907
série	1,154	,172	,377	6,719	,000	,466	2,145
Tec1	,412	,086	,329	4,777	,000	,309	3,237
m32	-,719	,240	-,122	-2,992	,003	,879	1,138
m15	,562	,204	,117	2,754	,006	,815	1,226
m11	,527	,245	,087	2,153	,032	,898	1,114
8 (Constant)	-,224	,121		-1,843	,067		
Ganho (GT)	,444	,060	,455	7,397	,000	,380	2,634
Hib1	-,987	,071	-,740	-13,919	,000	,507	1,971
série	1,172	,170	,382	6,886	,000	,465	2,149
Tec1	,433	,086	,346	5,045	,000	,306	3,273
m32	-,699	,238	-,119	-2,938	,004	,878	1,139
m15	,583	,202	,121	2,884	,004	,814	1,229
m11	,602	,244	,099	2,464	,015	,883	1,133

	Ganho (GE)	,107	,046	,103	2,344	,020	,746	1,340
9	(Constant)	-,234	,119		-1,966	,051		
	Ganho (GT)	,401	,060	,411	6,656	,000	,361	2,771
	Hib1	-1,052	,072	-,789	-14,549	,000	,467	2,139
	série	1,091	,168	,356	6,481	,000	,455	2,198
	Tec1	,325	,091	,259	3,591	,000	,263	3,799
	m32	-,626	,234	-,106	-2,678	,008	,870	1,150
	m15	,527	,199	,110	2,655	,009	,808	1,238
	m11	,535	,240	,088	2,226	,027	,876	1,142
	Ganho (GE)	,203	,054	,195	3,779	,000	,513	1,948
	Esc1	,266	,083	,211	3,208	,002	,316	3,162
10	(Constant)	-,216	,118		-1,838	,067		
	Ganho (GT)	,380	,060	,390	6,332	,000	,354	2,824
	Hib1	-1,048	,071	-,786	-14,672	,000	,467	2,140
	série	1,225	,175	,400	7,011	,000	,412	2,425
	Tec1	,310	,090	,247	3,455	,001	,262	3,817
	m32	-,732	,235	-,124	-3,116	,002	,842	1,188
	m15	,538	,196	,112	2,743	,007	,807	1,239
	m11	,536	,237	,088	2,258	,025	,876	1,142
	Ganho (GE)	,211	,053	,203	3,969	,000	,512	1,955
	Esc1	,279	,082	,222	3,400	,001	,315	3,174
	m31	-,559	,224	-,100	-2,499	,013	,832	1,202
11	(Constant)	-,244	,117		-2,079	,039		
	Ganho (GT)	,380	,060	,389	6,382	,000	,354	2,824
	Hib1	-1,036	,071	-,777	-14,595	,000	,465	2,153
	série	1,195	,174	,390	6,879	,000	,410	2,440
	Tec1	,321	,089	,256	3,602	,000	,261	3,828
	m32	-,661	,235	-,112	-2,812	,005	,826	1,211
	m15	,589	,196	,122	3,006	,003	,796	1,256
	m11	,555	,235	,091	2,358	,019	,875	1,143
	Ganho (GE)	,203	,053	,196	3,853	,000	,509	1,963
	Esc1	,344	,087	,273	3,970	,000	,279	3,586
	m31	-,615	,223	-,110	-2,755	,006	,821	1,218
	Gênero	,117	,054	,103	2,191	,030	,592	1,690

a. Dependent Variable: Ganho (GH)

ANEXO 10 Coeficientes da Regressão Múltipla para proficiência no Domínio Escolar

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1 (Constant)	,608	,080		7,590	,000		
Esc1	-,790	,062	-,651	-12,689	,000	1,000	1,000
2 (Constant)	,247	,110		2,257	,025		
Esc1	-,720	,061	-,593	-11,718	,000	,939	1,065
Ganho (GH)	,224	,049	,233	4,602	,000	,939	1,065
3 (Constant)	,259	,106		2,432	,016		
Esc1	-,909	,077	-,749	-11,756	,000	,558	1,793
Ganho (GH)	,355	,058	,369	6,094	,000	,619	1,616
Hib1	,378	,098	,294	3,839	,000	,386	2,592
4 (Constant)	,319	,105		3,047	,003		
Esc1	-,919	,075	-,758	-12,219	,000	,557	1,795
Ganho (GH)	,383	,057	,398	6,699	,000	,608	1,645
Hib1	,427	,097	,333	4,423	,000	,378	2,643
m33	-,980	,266	-,173	-3,688	,000	,974	1,027
5 (Constant)	,244	,110		2,225	,027		
Esc1	-,914	,075	-,753	-12,244	,000	,556	1,797
Ganho (GH)	,403	,057	,419	7,017	,000	,591	1,691
Hib1	,433	,096	,337	4,518	,000	,378	2,645
m33	-,942	,264	-,166	-3,566	,000	,970	1,031
m13	,540	,252	,101	2,145	,033	,958	1,044

a. Dependent Variable: Ganho (GE)

ANEXO 11

Gráficos referentes aos grupos de progresso

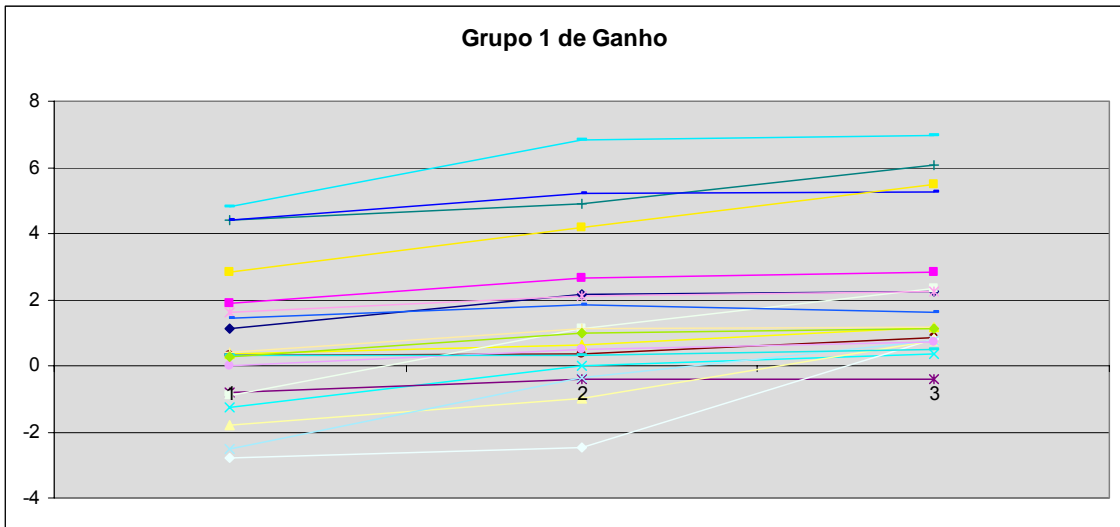


Gráfico 1- Perfil do Grupo de Ganho (progresso) número 1.

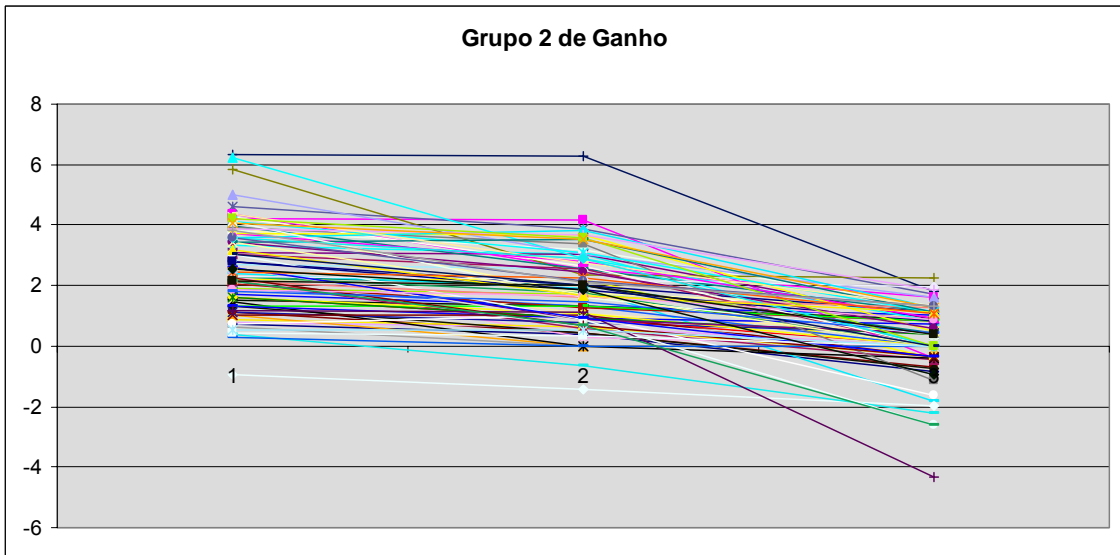


Gráfico 2- Perfil do Grupo de Ganho (progresso) número 2.

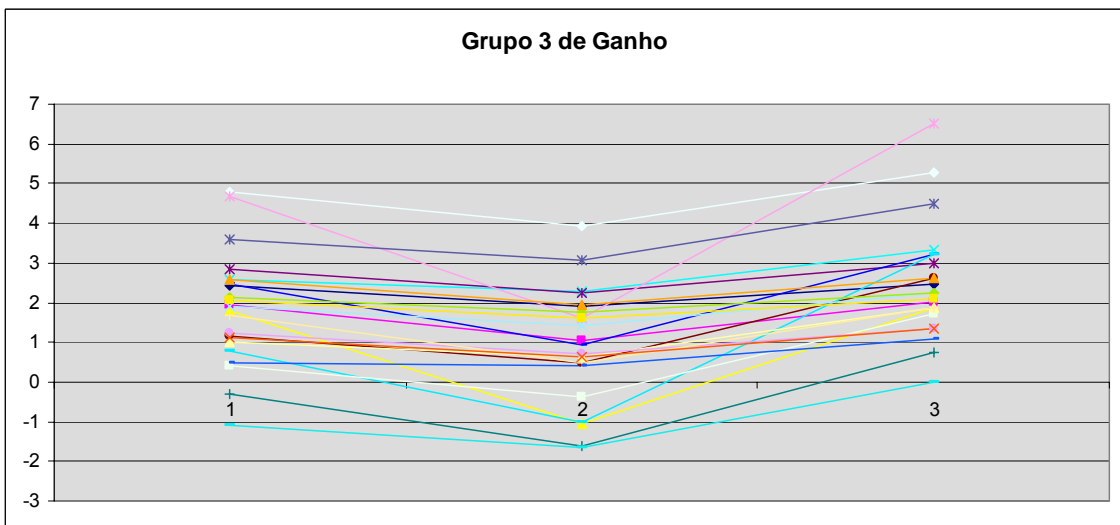


Gráfico 3- Perfil do Grupo de Ganho (progresso) número 3.

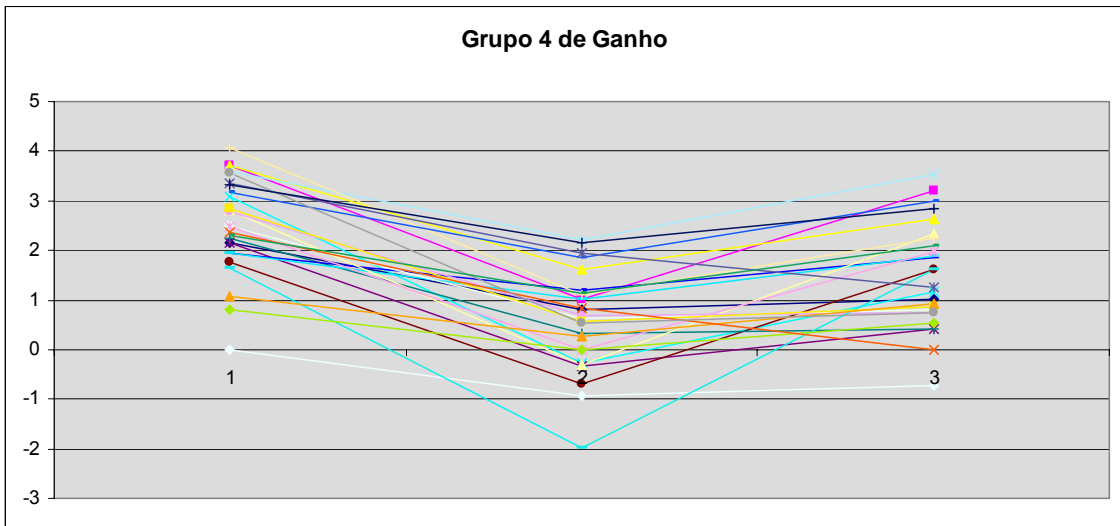


Gráfico 4- Perfil do Grupo de Ganho (progresso) número 4.

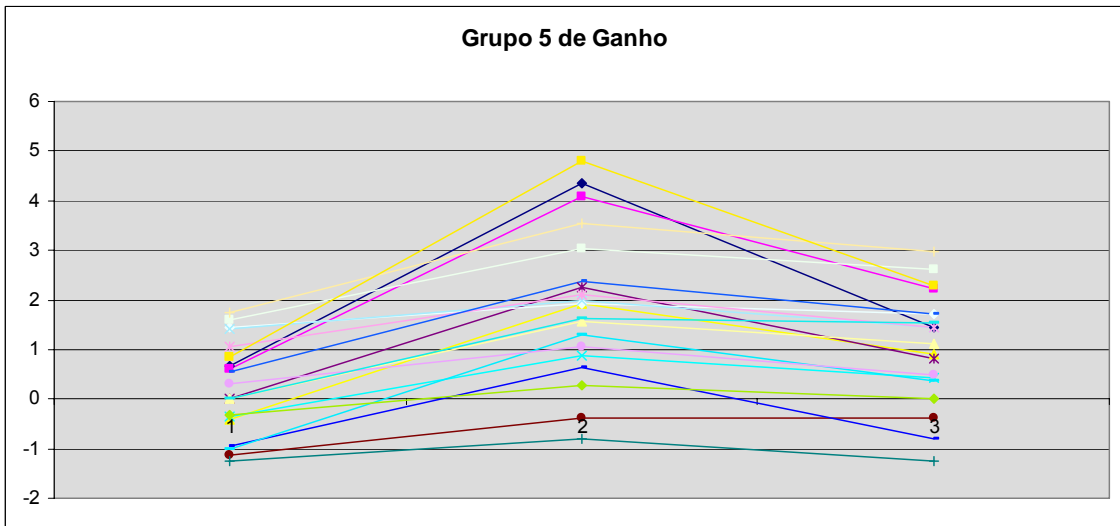


Gráfico 5- Perfil do Grupo de Ganho (progresso) número 5.

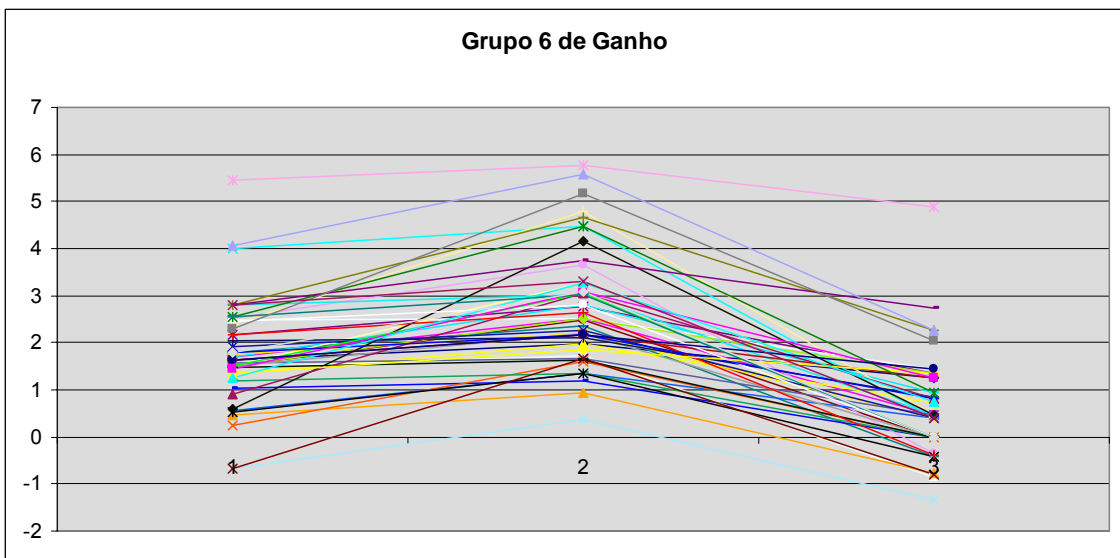


Gráfico 6- Perfil do Grupo de Ganho (progresso) número 6.