

Terezinha Ribeiro Alvim

**DESENVOLVIMENTO DA
HABILIDADE TÉCNICA DE TITULAÇÃO
EM UM LABORATÓRIO ESCOLAR
DE QUÍMICA**

Belo Horizonte
Faculdade de Educação da UFMG
2011

Terezinha Ribeiro Alvim

**DESENVOLVIMENTO DA
HABILIDADE TÉCNICA DE TITULAÇÃO
EM UM LABORATÓRIO ESCOLAR
DE QUÍMICA**

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

Linha de Pesquisa: Educação e Ciências

Orientador: Prof. Dr. Oto Neri Borges

Belo Horizonte
Faculdade de Educação da UFMG
2011

A minha mãe,
Maria Leatrice Ribeiro Alvim
(em memória);

Ao meu pai,
José Campos Machado Alvim
(em memória),

Minhas raízes.

AGRADECIMENTOS

- Ao professor Oto pela acolhida, pela paciência e excelente orientação.
- Aos estudantes que participaram dessa pesquisa pela confiança e colaboração.
- Ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais e ao Departamento de Química que tornaram possível a realização desta Tese de Doutorado.
- Aos colegas do grupo de pesquisa pela agradável convivência e produtivas trocas de experiências.
- Ao Gilberto pela grande ajuda nas filmagens das aulas.
- Ao Lucas pela preciosa contribuição na redação desse relato.

“Um lago evapora e, pouco a pouco, vai se esgotando. Mas quando dois lagos estão unidos, eles não secam tão facilmente, pois um alimenta o outro. O mesmo ocorre no campo do conhecimento. O saber deve ser uma força revigorante e vitalizadora. Isso só é possível quando há um intercâmbio estimulante com amigos afins, em cuja companhia se possa debater e procurar aplicar as verdades da vida. Desse modo, o conhecimento se amplia, incorporando múltiplas perspectivas, e se torna mais leve e jovial, enquanto que nos autodidatas tende a ser um pouco pesado e unilateral.”

(I CHING, Hexagrama Alegria, p. 178)

RESUMO

A aquisição de habilidades técnicas é um dos principais objetivos dos cursos profissionais técnicos. Essa pesquisa investigou a aprendizagem da habilidade de titulação em um laboratório escolar de uma instituição de educação tecnológica. Os objetivos da pesquisa foram: 1 - entender como é a evolução do desempenho dos estudantes na execução da técnica de titulação ao longo das aulas sobre o tema; 2 - verificar se há diferenças entre os estudantes quanto à evolução do desempenho na técnica, e, em caso afirmativo, investigar que fatores, entre conhecimento geral em Química, conhecimento prévio, motivação, gênero e subturma, poderiam explicar essas diferenças. Para se alcançar os objetivos propostos, realizou-se um estudo de natureza longitudinal da evolução do desempenho dos estudantes ao realizarem a técnica de titulação ao longo do tempo de ensino da técnica que foi de quatro semanas. A partir da análise dos vídeos gravados durante as aulas, construiu-se a escala para a mensuração do desempenho na execução da técnica usando o modelo *Rasch*. A análise longitudinal da habilidade foi realizada usando o modelamento multinível para mudança. O modelo obtido prediz que o conhecimento geral de química, o gênero e a motivação extrínseca afetam o desempenho inicial dos estudantes e que não há diferença entre os estudantes nas taxas de mudança que possa ser explicada por esses preditores. A taxa de crescimento da habilidade foi relativamente baixa no período estudado. A escala construída mostrou-se válida e pode ser usada na avaliação dessa habilidade nos ambientes de ensino. O tempo dedicado ao ensino e aprendizagem da técnica parece ser insuficiente para desenvolver a perícia dos estudantes nesse domínio e esse resultado pode ter implicações no currículo dos cursos técnicos.

ABSTRACT

The acquisition of technical skills is one of the main targets of the professionalizing technical courses. This research investigated the learning of the skill of titration in a scholar laboratory of a technological education institution. The goals of this research were: 1- understand how does the evolution of the performance of a student goes in students when they are executing of the titration procedure during the classes; 2- verify if there are differences between students as long as the evolution of a performance in concerned and investigate the factors (previous knowledge, general knowledge of chemistry, motivation, gender or subclass) which could elicit these differences. To reach these goals, a longitudinal study was held about the evolution of the performance of the students of the titration procedure in time (4 weeks). According to the analysis of the footage done for the research during the classes where the students were learning the procedure, it was built a scale for measuring of the performance of the students using the Rasch model. The longitudinal analysis of the skill was held using the multilevel modeling for change. The model obtained tells that the general knowledge of chemistry, the gender and the motivation affect the initial performance of the students and that there is no difference between the students as long as the changing rate is concerned that could be explained by these. The rate of growth of the skill was relatively low in the researched period. The scale seems valid and can be used in accessing the skill in the teaching environment. The time dedicated to the teaching and learning of the procedure seems to be insufficient to develop the expertise of the students in this area and this result may have implications in the curriculum of the technical courses.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS	xi
Capítulo 1 - INTRODUÇÃO	1
Capítulo 2 – REFERENCIAL TEÓRICO EDUCACIONAL	6
I. EDUCAÇÃO TÉCNICA.....	6
II. O LABORATÓRIO NO ENSINO MÉDIO E NO ENSINO TÉCNICO.....	13
Capítulo 3 – REFERENCIAL TEÓRICO PSICOLÓGICO	19
I. CONHECIMENTO PROCEDIMENTAL E CONHECIMENTO DECLARATIVO	19
II. HABILIDADE E PERÍCIA	21
II.1. Aquisição de habilidades	22
II.2. Desenvolvimento da perícia	27
III. APTIDÃO – TEORIA DE SNOW.....	34
IV. MOTIVAÇÃO – TEORIA DA AUTODETERMINAÇÃO	36
Capítulo 4 – REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO.....	40
I. MODELOS RASCH PARA MENSURAÇÃO	40
II. ANÁLISE FATORIAL.....	46
III. ANÁLISE LONGITUDINAL E MODELO MULTINÍVEL PARA MUDANÇA.....	48
III.1. Características necessárias a um estudo de natureza longitudinal	48
III.2. Modelo multinível para mudança	50
III.3. Estrutura de covariância do resíduo do modelo multinível.....	53
III.4. Ajustes dos modelos multinível para mudança.....	57
Capítulo 5 - MÉTODOS	62
I. PARTICIPANTES E CONTEXTO EDUCACIONAL	62
II. TAREFA E PRIMEIRA VERSÃO DOS INDICADORES DA HABILIDADE	64
III. AMBIENTE E PROCEDIMENTO DA COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DA HABILIDADE	68

IV. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DE MOTIVAÇÃO	71
V. COLETA DOS DADOS DE CONHECIMENTO GERAL EM QUÍMICA, CONHECIMENTO PRÉVIO E CONHECIMENTO CONCEITUAL	71
VI. ANÁLISE DOS DADOS USANDO O MODELAMENTO MULTINÍVEL PARA MUDANÇA.....	72
Capítulo 6 – ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS	73
I. MENSURAÇÃO DA HABILIDADE TÉCNICA DE TITULAÇÃO	73
I.1. Análise dos vídeos e construção do instrumento de avaliação da habilidade técnica de titulação	73
I.2. Construção da escala <i>Rasch</i> de medida da habilidade	80
I.3. Discussão	87
II. VARIÁVEIS PREDITORAS	88
II.1. Motivação	88
II.2. Conhecimento geral em química, conhecimento prévio e conhecimento conceitual.....	91
III. MODELAMENTO MULTINÍVEL PARA MUDANÇA	91
III.1. Análise e resultados	91
III.2. Discussão	100
Capítulo 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
I. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES	105
II. LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	107
REFERÊNCIAS.....	108
ANEXO – Escala de Motivação Acadêmica.....	117

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1. Cargas fatoriais hipotéticas para um teste hipotético com 4 itens	47
Tabela 6.1. Cargas fatoriais e comunalidades retidas	90
Tabela 6.2. Comparação entre os modelos <i>incondicional das médias (A)</i> e <i>incondicional do crescimento (B)</i> , ajustados com diferentes estruturas de covariância	95
Tabela 6.3. Família de modelos ajustados com estruturas de covariância simétrica composta	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1. Curva característica do item – CCI	43
Figura 5.1. Montagem de uma titulação	65
Figura 5.2. Posição das mãos na titulação	65
Figura 5.3. Lay-out simplificado do laboratório	69
Figura 6.1. Esquema representando o formato da matriz dos dados analisada pelo WINSTEPS® (LINACRE, 2010)	80
Figura 6.2. Esquema representando o formato da matriz dos dados após separação de alguns itens	83
Figura 6.3. Curva do teste - W1, W2 e W3 indicam, respectivamente as ocasiões 1, 2 e 3 de medida	83
Figura 6.4. Curva de um item bem ajustado	84
Figura 6.5. Curva de um item com ajuste aceitável	84
Figura 6.6. Mapa das variáveis. Reproduzido do WINSTEPS® (LINACRE, 2010).....	86
Figura 6.7. Trajetórias modeladas do desenvolvimento da habilidade para os 33 estudantes	97
Figura 6.8. Efeito do gênero no desenvolvimento da habilidade, controlado para conhecimento geral em química e motivação extrínseca por regulação externa	98
Figura 6.9. Efeito do conhecimento geral em química no desenvolvimento da habilidade, controlado para gênero e motivação extrínseca por regulação externa.....	99
Figura 6.10. Efeito da motivação extrínseca por regulação externa no desenvolvimento da habilidade de titulação, controlado para conhecimento geral em química e gênero.....	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 6.1. Instrumento de Avaliação da Habilidade Técnica de Titulação	79
Quadro 6.2. Mapa de dimensionalidade - reproduzido do WINSTEPS® (LINACRE, 2010)	85
Quadro 6.3. Lista das variáveis preditoras	92

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O objeto de estudo desse trabalho de pesquisa foi a aprendizagem de habilidades técnicas em laboratório de química, particularmente, a aprendizagem da habilidade técnica de titulação¹ no laboratório escolar, no contexto da educação profissional técnica de nível médio.

Entende-se aqui que a aquisição de uma habilidade técnica envolve mais do que adquirir destreza na manipulação de instrumentos, equipamentos e outros materiais próprios de um laboratório de Química. Adquirir uma habilidade técnica compreende conhecer, entender e ser capaz de executar com segurança e confiabilidade o conjunto de procedimentos que, ordenados, constitui a técnica específica.

Há um reconhecimento de que a aprendizagem de habilidades técnicas é um dos objetivos do ensino de ciências em laboratórios (BORGES, 2002; MILLAR, 1991). No entanto, pesquisas, que têm abordado o ensino e a aprendizagem por meio de atividades práticas em laboratórios de Química no ensino médio, não priorizam o estudo da aquisição de habilidades técnicas mesmo que essas sejam inerentes a qualquer atividade realizada no laboratório de Química (NAKHLEH, POLLES e MALINA, 2002; HOFSTEIN e LUNETTA, 1980, 2004). DeMeo (2001) coloca que mesmo que educadores argumentem que a aprendizagem de conceitos é mais importante que a aprendizagem de habilidades técnicas “ainda é importante discutir a questão de como os estudantes podem efetivamente adquirir habilidades de laboratório” (p. 378). Particularmente para o ensino técnico de Química, um melhor entendimento sobre a aquisição de habilidades técnicas de laboratório pode contribuir para a melhoria dos métodos de ensino de técnicas e conseqüentemente para um melhor resultado de aprendizagem.

¹ A titulação é uma técnica amplamente usada em Química Analítica para determinar a quantidade de uma dada espécie química em uma solução a partir da reação completa dessa espécie com outra espécie química constituinte de outra solução de concentração conhecida denominada de solução padrão. Uma descrição mais detalhada encontra-se no capítulo 5, p. 64.

Também em pesquisas da área da educação profissional, estudos que busquem entender o processo de aquisição de habilidades técnicas, às vezes denominadas de procedimentais, são escassos na área da Química e não parecem se preocupar com o aspecto do desenvolvimento da habilidade com o tempo de prática (VEAL, TAYLOR e ROGERS, 2009; McNAUGHT *et al*, 1995).

Estudos sobre aquisição de habilidades são bastante comuns na área de psicologia cognitiva (ANDERSON, 1982, 2004). Tais estudos investigam a aquisição de habilidades cognitivas e perceptual-motoras gerais em ambientes controlados. Nessa pesquisa nos valem das teorias e modelos resultantes desses estudos para compreender a aquisição da habilidade técnica num ambiente natural escolar.

O presente estudo investigou a aprendizagem da técnica de titulação em uma turma de estudantes de um curso técnico em Química usando um método quantitativo de análise. Tal investigação teve como objetivo entender como é a evolução da habilidade de titulação dos estudantes durante o ensino da técnica por meio de trajetórias de mudança modeladas estatisticamente.

Para isso, realizou-se um estudo, usando os métodos da análise longitudinal, sobre a evolução do desempenho dos estudantes ao realizarem a técnica de titulação ao longo do tempo de ensino da técnica que foi de quatro semanas. Apesar do curto tempo entre as medidas, diferente da maioria dos estudos longitudinais descritos na literatura cujas medidas são realizadas com intervalos de um semestre ou maiores de tempo, o presente estudo possui um caráter longitudinal uma vez que foram realizadas três medidas da habilidade das mesmas pessoas em tempos diferentes.

Primeiramente, a partir da observação por meio de vídeos dos estudantes realizando a titulação no laboratório, construiu-se uma escala para a mensuração da habilidade de titulação nas três sessões de ensino usando o modelo *Rasch* (BOND e FOX, 2007; MEAD, 2008; ANDRICH, 1988). Por fim, as medidas das habilidades com o tempo, juntamente com as das variáveis preditoras, foram usadas para a construção do modelo multinível de mudança (SINGER e WILLETT, 2003).

Os resultados da presente pesquisa foram interpretados na perspectiva dos modelos da psicologia cognitiva para aquisição de habilidades cognitivas e perceptual-motoras e de desenvolvimento da perícia.

Esse estudo pode ser relevante para a educação de ciências que pode se valer desses resultados para melhor entender a aprendizagem de técnicas de laboratório no ensino de ciências. No entanto, acredito que sua principal relevância é para a educação técnica em que a aquisição de habilidades técnicas é o principal objetivo.

Para se ter uma idéia da importância da habilidade técnica para o profissional técnico em Química considere o exemplo em que o técnico erra na realização de um teste para detectar cromatos na água que é usada por uma comunidade, por não usar corretamente um instrumento de medida ou um equipamento. Os cromatos são reconhecidamente cancerígenos. Portanto, especificamente na área de Química, a falta da habilidade técnica pode acarretar resultados e interpretações equivocadas de testes e análises químicas que podem ter sérias conseqüências para quem depende dos resultados.

Para entender como é a evolução da habilidade de titulação dos estudantes durante o ensino da técnica este estudo orientou-se por duas **questões de pesquisa**:

1ª – Quais são as trajetórias de mudança para cada estudante na aprendizagem da técnica de titulação?

Para três ocasiões de medida a trajetória para todos é suposta linear segundo o modelo multinível de mudança (SINGER e WILLETT, 2003). O que se quer examinar é se há diferenças entre as trajetórias individuais na habilidade inicial e/ou na taxa de crescimento da habilidade por aula. Serão todas as trajetórias ascendentes ou descendentes? Ou uma mistura das duas? Há mudança significativa no nível da habilidade através das sessões de ensino?

2ª - Fatores como conhecimento geral em Química, conhecimento prévio, conhecimento conceitual da titulação, gênero, subturma e motivação são capazes de prever as diferenças nas trajetórias de mudança da habilidade técnica de titulação entre os estudantes?

O que se quer saber é se as diferenças nas trajetórias individuais entre os estudantes podem ser explicadas pelas diferenças de gênero, pela subturma na qual o estudante faz a aula, pela diferença na motivação intrínseca e extrínseca dos estudantes e pela diferença no nível de conhecimento de Química e no nível do conhecimento prévio de técnicas básicas de laboratório.

O presente relato contém além dessa introdução mais seis capítulos.

O capítulo 2 traz o que foi denominado Referencial Teórico Educacional. Este capítulo possui dois tópicos em que são abordados os dois contextos mais gerais nos quais essa pesquisa está inserida, a Educação Profissional Técnica de nível médio e o Laboratório escolar. No primeiro tópico descrevem-se as características e a estrutura da educação técnica do Brasil e no segundo tópico se fez uma pequena revisão da literatura sobre o tema salientando os diferentes papéis que o laboratório escolar desempenha na educação geral de ciências e na educação técnica em Química.

O capítulo 3 traz o que se denominou Referencial Teórico Psicológico. Este se divide em quatro tópicos que abordam os construtos envolvidos nessa pesquisa. No primeiro são apresentados os conceitos de conhecimento declarativo e procedimental da psicologia cognitiva. No segundo, apresenta-se o conceito de habilidade e de perícia bem como os modelos da psicologia cognitiva para aquisição de habilidade e de perícia em um domínio. No terceiro e no quarto são abordados dois construtos psicológicos, aptidão e motivação na perspectiva da teoria de Snow e da teoria da autodeterminação, respectivamente.

O capítulo 4 traz o Referencial Teórico Metodológico. Neste são abordadas as teorias subjacentes aos modelamentos estatísticos usados para analisar os dados da pesquisa. Este se divide em três tópicos. No primeiro, os fundamentos, as características e as implicações do modelo *Rasch* são introduzidos. No segundo é introduzido o conceito e aplicação da análise fatorial e no terceiro tópico, são introduzidas as bases teóricas do modelamento multinível para mudança.

O capítulo 5 traz a descrição dos métodos usados para coleta e análise dos dados compreendendo também a descrição do cenário e do contexto da pesquisa e dos participantes.

O capítulo 6 traz o relato dos procedimentos de análise dos dados, os resultados obtidos e a discussão dos mesmos. Nesse capítulo são abordados os passos seguidos na análise dos dados que resultou em um modelo multinível para a mudança da habilidade com o tempo. Esse resultado foi então discutido na perspectiva das teorias escolhidas como referencial teórico psicológico para a pesquisa.

O último capítulo traz as considerações finais da pesquisadora com as conclusões e implicações dos resultados obtidos para a educação e para a pesquisa, além das limitações da presente pesquisa.

Capítulo 2

REFERENCIAL TEÓRICO EDUCACIONAL

I. EDUCAÇÃO TÉCNICA

O sistema educacional brasileiro prevê, atualmente, a existência de três níveis de educação profissional estipulados pelo Decreto nº 5.154/2004 e Lei Nº 11.741 de 2008 (BRASIL, 2004, 2008):

- 1) Qualificação profissional, para trabalhadores, independente da escolaridade prévia.
- 2) Educação profissional técnica de nível médio para egressos do ensino fundamental, egressos do ensino médio ou matriculados neste.
- 3) Educação profissional tecnológica de graduação e pós-graduação para egressos do ensino médio ou ensino técnico.

A educação profissional técnica de nível médio que tem como objetivo a profissionalização de jovens e a subsequente inserção destes no mercado de trabalho é oferecida seja pela rede pública que pela rede privada e dá a possibilidade de profissionalização em diversas áreas designadas no Catálogo Nacional dos Cursos Técnicos (BRASIL, 2008a), de eixos-tecnológicos.

O número de instituições públicas que ofertam cursos técnicos de nível médio no Brasil teve um crescimento vertiginoso de 2002 até 2009. Nesse período foram criadas 214 unidades na rede pública federal totalizando 354 unidades federais distribuídas pelos 26 estados brasileiros e Distrito Federal, de acordo com número publicado no Portal do MEC na *internet* (BRASIL, 2011), sem contar com o número muito maior de escolas técnicas estaduais. Eliezer Pacheco, Secretário de Educação Profissional e Tecnológica do MEC nesse período, afirmou que a expansão da educação profissional atendeu a uma necessidade e a uma demanda:

De um lado, há a necessidade de dar sustentação técnica e tecnológica ao processo de desenvolvimento, de outro, dada a procura imensamente superior às vagas ofertadas – acredito que em todos os sistemas -, há uma demanda muito grande por formação profissional no Brasil. (COELHO e MOURA, 2010, p. 25)

A Lei 11.741 de 2008 também estabelece que a educação profissional técnica de nível médio pode ser subsequente ao ensino médio, ou articulada com o ensino médio, sendo que essa articulação dar-se-á por uma das seguintes formas:

1. Integrada – um curso único com matrícula e conclusão únicas em uma mesma instituição com disciplinas do ensino médio (de formação geral) e disciplinas do curso técnico (de formação específica). Neste caso, a instituição deverá “ampliar a carga horária total do curso, a fim de assegurar, simultaneamente, o cumprimento das finalidades estabelecidas para a formação geral e as condições de preparação para o exercício de profissões técnicas” (Decreto nº 5.154/2004; § 2º do art. 4º)
2. Concomitante – em que o ensino médio e o curso técnico possuem matrícula e conclusão separadas podendo ser em instituições diferentes ou em uma mesma instituição.

No Parecer CNE/CEB Nº 39/2004 (MEC, 2004, p.7), o relator deixa claro que

Na hipótese do estabelecimento de ensino utilizar a forma integrada, o mesmo deverá “assegurar, simultaneamente, o cumprimento das finalidades estabelecidas para a formação geral e as condições de preparação para o exercício de profissões técnicas” [...], deverá observar tanto as Diretrizes Curriculares Nacionais definidas pelo Conselho Nacional de Educação para o Ensino Médio pelo Parecer CNE/CEB 15/98 e Resolução CNE/CEB 3/98, quanto as Diretrizes Curriculares Nacionais definidas para a Educação Profissional Técnica de nível médio, pelo Parecer CNE/CEB 16/99 e Resolução CNE/CEB 4/99, [...]

Portanto não é permitido que o curso técnico na forma integrada ocupe a carga horária do ensino médio, sendo a carga horária total a soma da carga horária destinada ao ensino médio mais a carga horária destinada ao ensino técnico. A instituição de ensino pode optar por oferecer o curso em três ou quatro anos.

A reforma do ensino médio e técnico, instituída pela Lei Federal nº 5.692/71 (BRASIL, 1976) e posteriormente regulamentada pelo Parecer CFE nº 45/72 (BRASIL, 1976), tornou obrigatório que o ensino de 2º grau fosse integrado ao ensino profissionalizante. Todo ensino de 2º grau, desta forma, teria um caráter profissionalizante. Tal reforma constituiu um grande problema para as escolas que ofereciam apenas o ensino de 2º grau e, portanto, não tinham nem recursos e nem professores especializados para ministrarem cursos técnicos. Por outro lado, as instituições ou escolas especializadas em formação profissional, as escolas técnicas, passaram a oferecer cursos técnicos com currículo misto, de disciplinas de educação geral e disciplinas de educação profissionalizante, sem perda na qualidade dos seus cursos. Tais currículos, em geral, dedicavam uma carga horária reduzida às disciplinas de educação geral em relação às disciplinas profissionalizantes.

A profissionalização obrigatória no ensino de 2º grau tornou-se facultativa pela Lei Federal nº 7.044/82 (BRASIL, 1982). Com essa lei o ensino de 2º grau foi libertado das amarras da profissionalização e o ensino profissionalizante praticamente ficou restrito às escolas técnicas. Nos cursos técnicos permaneceu o currículo misto com ênfase na parte técnica até a reforma de 1997 (BRASIL, 1997) que estipulou, ao contrário da reforma de 1972, a desvinculação entre o ensino técnico e o ensino médio, ficando cada um com o seu próprio currículo. Nessa concepção os currículos dos cursos profissionais de nível técnico, como eram denominados, passariam a ser baseados em competências e habilidades profissionais da área específica. No Parecer nº 16/99 (MEC, 1999, p.33), que trata das Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional de Nível Técnico, o relator esclarece:

Para os efeitos desse Parecer, entende-se por competência profissional a capacidade de articular, mobilizar e colocar em ação valores, conhecimentos e habilidades necessários para o desempenho eficiente e eficaz de atividades requeridas pela natureza do trabalho. O conhecimento é entendido como o que muitos denominam simplesmente saber. A habilidade refere-se ao saber fazer relacionado com a prática do trabalho, transcendendo a mera ação motora.

Essa “proposta” de educação profissionalizante foi bastante criticada (OLIVEIRA, 2000) não se concretizando na íntegra na maioria das instituições federais de educação profissional e tecnológica. No entanto, os referenciais curriculares elaborados em 1999 foram mantidos e constituem as atuais Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de nível médio (MEC, 2004).

A instituição na qual foram coletados os dados dessa pesquisa faz parte da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, e oferece cursos técnicos nas modalidades integrada, concomitante e subsequente. O curso que constituiu o cenário da pesquisa foi o Técnico de nível médio em Química na forma integrada. Esse curso tem uma duração de três anos e apresenta uma grade curricular composta de três partes: Base Nacional Comum, Parte Diversificada e Parte Específica. A formação geral correspondente ao ensino médio é dada pela Base Nacional Comum e pela Parte Diversificada constituindo a sua carga horária em um total de 2720 horas/aula. A Parte Específica proporciona a habilitação técnica de nível médio e possui uma carga horária 1720 horas/aula. Desse modo, a carga horária total do curso é de 4440 hora/aula, o que equivale a uma carga horária semanal média de 37 horas/aula. Acrescenta-se a essa carga horária o estágio supervisionado com o mínimo de 480 horas.

Das 1720 horas da formação específica do currículo do curso técnico em Química na forma integrada, 840 são de disciplinas de natureza teórica ministradas em salas de aulas convencionais e 880 são de disciplinas práticas ministradas em laboratórios. Enquanto na modalidade subsequente desse mesmo curso, de um total de 1404 horas/aula, 756 horas/aula são de disciplinas teóricas e 648 aulas/hora são de disciplinas práticas.

A terminologia usada no texto da Lei designando as modalidades de educação profissional como *técnica* para o nível médio e *tecnológica* para o nível superior merece algumas considerações sobre suas implicações na caracterização da educação técnica.

Segundo o Novo Dicionário da Língua Portuguesa (FERREIRA *et al*, 1975), a palavra *técnica*, substantivo feminino, pode significar “1. A parte material ou o

conjunto de processos de uma arte; 2. Maneira, jeito, ou habilidade especial de executar ou fazer algo; 3. Prática” e o adjetivo *técnico* pode significar “1. Peculiar a uma determinada arte, ofício, profissão ou ciência; 2. Indivíduo que aplica determinada técnica; especialista, perito”.

Portanto, o adjetivo *técnica* (ou técnico) para educação profissional deve significar que esta se propõe a educar para o exercício de um ofício desenvolvendo habilidades específicas desse. Desse modo, seu currículo deveria enfatizar os conteúdos e atividades de natureza técnica.

Oliveira (2000, p. 42), ao analisar os efeitos da reforma do ensino técnico de 1997 na educação profissional do Brasil, apresenta o seguinte conceito de formação técnica:

Esta [reforma da educação profissional] estaria determinando a aproximação dos processos formativos escolares de educação profissional, vigentes nessas instituições, aos processos de treinamento do trabalhador no mero domínio das técnicas de execução de atividades e tarefas, no setor produtivo e de serviços, e, portanto, a uma formação meramente técnica.

Também no Dicionário Aurélio o adjetivo *tecnológica*, significa “relativo a tecnologia” e o termo *tecnologia* significa: 1. “conjunto de conhecimentos, especialmente científicos, que se aplicam a um determinado ramo de atividade; 2. “ciência que trata da técnica”.

Considerando apenas essas acepções do adjetivo *tecnológica* pode-se inferir que a educação profissional nessa modalidade teria um compromisso maior com uma formação científica.

Em sua análise, Oliveira (2000, p. 42) aponta as diferenças entre formação técnica e formação tecnológica ao caracterizar a segunda como:

Esta envolveria, entre outros, o compromisso com o domínio, por parte do trabalhador, dos processos físicos e organizacionais ligados aos arranjos materiais e sociais, e do conhecimento aplicado e aplicável, pelo domínio dos princípios científicos e tecnológicos próprios a um determinado ramo de atividade humana.

A partir dessa distinção, pode-se dizer que também há um conhecimento² técnico e outro tecnológico. Segundo Ropohl (1997), de acordo com a tradição alemã, o conhecimento técnico referir-se-ia ao campo da prática da disciplina ou da área técnica, enquanto o conhecimento tecnológico seria a “ciência das técnicas”.

Ropohl (1997) decompõe o conhecimento técnico em três componentes: *regras funcionais*, *regras estruturais* e *“know-how” técnico*. As regras funcionais referem-se ao modo como proceder para realizar determinada tarefa com o objetivo de alcançar determinado resultado em um dado contexto. São do tipo encontrado em manuais sobre como usar um equipamento e na literatura especializada sobre como realizar métodos de análise química de amostras variadas. Constituem padrões de conduta que buscam garantir um resultado final seguro e eficiente. As regras estruturais relacionam-se à associação e interação entre os componentes de um sistema técnico (ROPOHL, 1997), por exemplo, as regras para conectar os componentes de um computador ou os componentes de um aparelho de destilação. O “saber como” (*know-how*) técnico compreende habilidades específicas de natureza psicomotora, tal como a manipulação de um instrumento de trabalho, por exemplo, para citar a área de Química, o uso de uma pipeta para medir volume de líquidos. Esse tipo de conhecimento só pode ser adquirido com muita prática (ROPOHL, 1997).

Considerando o dito por Oliveira (2000) e por Rophol (1997) parece que a legislação brasileira prevê essa distinção ao separar em níveis a educação profissional técnica e tecnológica. A técnica sendo de nível médio e a tecnológica de nível superior. Nessa direção, seria atribuição de um curso técnico ensinar principalmente o como fazer, o como executar determinadas tarefas específicas de cada área profissional com vistas à formação de profissionais habilitados, tendo um caráter essencialmente prático. No entanto, não é o que se verifica, por exemplo, nos currículos dos cursos da instituição que foi cenário dessa pesquisa. O que se verifica, por exemplo, nas feiras de trabalhos elaborados pelos estudantes dos cursos técnicos, são estudantes capazes de criar artefatos tecnológicos, desenvolver métodos e técnicas, bem como desenvolver pesquisas aplicadas, indicando que sua formação vai além de aprender a executar tarefas. Uma análise sobre a distribuição da carga horária do curso

² Nesse relato o termo conhecimento aparece com dois significados, aqui ele está significando o “domínio, teórico ou prático, de um assunto” (HOUAISS). Em outro ponto desse relato o termo conhecimento será usado com o significado de processo cognitivo (conhecimento declarativo e procedimental).

técnico em QUÍMICA (ver acima) indica que não há preponderância de conteúdo e atividades práticas e que há uma parte teórica bastante consistente nesse curso.

As atuais “Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica em Química”³ (MEC, 2000) foram construídas a partir de consulta ao setor Industrial e recomendam um currículo organizado por competências e habilidades profissionais. Foram identificadas duas modalidades nas quais a formação do técnico em química deveria se focar: operação de processos e análises de processos. Essas modalidades foram caracterizadas como duas grandes funções do técnico em Química, sendo tais funções constituídas de várias subfunções. Por exemplo, a função “Análise de Processos” é composta das subfunções: amostragem e manuseio de produtos e reagentes, controle de qualidade, controle ambiental, segurança e higiene industrial, manutenção autônoma, gestão de controle da qualidade e operação de planta piloto. As competências e habilidades relacionadas foram extraídas da natureza das subfunções. Para cada subfunção são relacionadas várias competências e habilidades além das bases tecnológicas que constituem os conhecimentos tecnológicos envolvidos. Essa organização curricular foca sobre a aquisição e desenvolvimento de habilidades e conhecimentos que geram a competência naquela subfunção. As bases científicas relacionadas são oferecidas pelo ensino médio.

Entende-se que o conhecimento técnico tem como característica principal ser normativo (De VRIES, 2005; ROPOHL, 1997). Ele se compõe de regras que ditam como as várias operações relativas àquela especialidade devem ser executadas. Além de conhecer as regras, o técnico também deve possuir habilidades específicas psicomotoras para executar operações especializadas. A habilidade para realizar com competência determinada operação em um dado domínio pode ser denominada habilidade técnica e abrange os dois aspectos, o cognitivo e o perceptual-motor.

³Estas diretrizes foram elaboradas na reforma do ensino técnico de 1997 e mantidas, com pequenas modificações, pela Resolução nº 1, de 3 de fevereiro de 2005.

II. O LABORATÓRIO NO ENSINO MÉDIO E NO ENSINO TÉCNICO

O papel do laboratório escolar no ensino e aprendizagem de ciências tem sido amplamente investigado e discutido por pesquisadores da área de educação de ciências como mostrado em várias revisões sobre o assunto (LUNETTA, HOFSTEIN e CLOUGH, 2007, REID e SHAH, 2007, HOFSTEIN e LUNETTA, 1980, 2004; NAKHLEH, POLLES e MALINA, 2002). Os movimentos de reforma curricular ocorridos nos Estados Unidos, Reino Unido e outros países, iniciados na década de 1960, como os projetos PSSC (Physical Science Study Committee), de BSCS (Biological Science Curriculum Study) e CBA (Chemical Bond Approach), com a finalidade de formar jovens cientistas, colocaram o laboratório escolar como o principal ambiente de ensino e aprendizagem de ciências nas escolas secundárias.

Professores, em geral, acreditam que a realização de atividades prático-experimentais gera uma melhoria da aprendizagem de ciências. Hodson (1988) sugere que os professores consideram que os experimentos constituem uma parte integrante do ensino de ciências porque estes são amplamente usados na construção e desenvolvimento da ciência e também alega que a dificuldade dos professores em distinguir o papel dos experimentos em ciência e no ensino de ciências tem tornado o trabalho prático no laboratório confuso e de pouco valor educacional.

Em sua mais recente revisão, Hofstein e Lunetta (2004) concluem que a suposição de que experiências de laboratório favorecem a compreensão da natureza da ciência e de como se faz ciência continua a ser difundida apesar da insuficiência de dados que a comprovem. Os estudos têm falhado em mostrar a relação entre aprendizagem do estudante e realização de experimentos no laboratório.

Muitos dos estudos apresentados por Hofstein e Lunetta (2004) e Nakhleh, Polles e Malina (2002) têm consistentemente registrado que o laboratório escolar tem pouco ou nenhum efeito sobre o desenvolvimento do pensamento científico, da compreensão da natureza da ciência e de habilidades relativas ao processo científico. E aí reside a principal crítica ao uso de atividades prático-experimentais em laboratórios no ensino de ciências tanto no nível secundário quanto no nível

superior. Kirschner e Meester, (1988) ao apontar os problemas relativos ao trabalho de laboratório em cursos superiores mencionam a tendência dos administradores de universidades em cortar as aulas de laboratório dos cursos de graduação em ciências. O argumento para isso seria que o trabalho de laboratório fornecia um pobre retorno ao caro investimento de tempo, esforço e recursos materiais feito por professores, estudantes e instituição em relação ao conhecimento e habilidades adquiridos pelo estudante tendo, portanto, pouco valor educacional. Entre os fatores responsáveis por inibir a aprendizagem no laboratório citam-se o modo como as atividades práticas são desenvolvidas e a falta de preparo do professor em conduzir tais atividades da forma apropriada (BORGES, 2002; HOFSTEIN e LUNETTA, 2004; ABRAHAMS e MILLAR, 2008).

No entanto, de acordo com Borges (2002, p.298):

Descartar a possibilidade de que os laboratórios têm um papel importante no ensino de ciências significa destituir o conhecimento científico de seu contexto, reduzindo-o a um sistema abstrato de definições, leis e fórmulas.

Mesmo apresentando problemas, o laboratório escolar, pelo seu potencial, é considerado um ambiente de aprendizagem de importância significativa por pesquisadores em Educação em Ciências. Argumenta-se que as atividades prático-experimentais, quando bem planejadas e conduzidas, podem favorecer a apropriação de conceitos científicos e habilidades científicas, também chamadas de habilidades de pesquisa (formular hipóteses, planejar e conduzir experimentos, formular explicações científicas e comunicar e defender argumentos científicos) pelos estudantes.

Mais especificamente, Hofstein e Lunetta (2004) e Borges (2002) sugerem que as atividades práticas de caráter investigativo⁴ quando desenvolvidas de modo apropriado proporcionam uma melhor compreensão conceitual das ciências e da natureza da ciência e podem levar à aprendizagem significativa.

⁴ Atividades de laboratório do tipo investigativo têm como objetivo desenvolver habilidades tais como: identificar problemas, formular hipóteses, planejar e conduzir experimentos, formular explicações científicas e comunicar e defender argumentos científicos (BORGES, 2002).

Hofstein, Shore e Kipnis (2004) avaliaram o efeito do método de ensino prático por investigação sobre a aquisição de *habilidades de investigação*, tais como elaborar perguntas relevantes para serem pesquisadas, levantar hipóteses, propor e planejar experimentos para testar as hipóteses levantadas, em escolas secundárias de Israel. Eles compararam essas habilidades em estudantes que tinham passado por um curso de laboratório de química do tipo investigativo e em estudantes, no mesmo nível escolar, que passaram por um curso de laboratório de química tradicional em que as atividades eram, em grande parte, do tipo confirmatórias com roteiros pré-estabelecidos. Os autores observaram que os estudantes melhoraram a sua capacidade de fazer perguntas mais relevantes, como resultado da experiência com as atividades do tipo investigativa, concluindo que um curso de laboratório de natureza investigativa pode desenvolver nos estudantes habilidades de caráter mais científico. Além disso também constataram que os estudantes que estavam envolvidos no curso do tipo investigativo estavam conscientes da contribuição das atividades práticas por investigação para a sua aprendizagem de química.

No lado oposto, Abrahams e Millar (2008), ao acompanhar aulas de física, química e biologia, envolvendo trabalho prático, em escolas secundárias da Inglaterra, observaram que o trabalho prático era bem sucedido em fazer com que a maioria dos estudantes executassem os procedimentos da forma como era estabelecido pelo professor mas eram mal sucedidos quanto a fazerem os estudantes relacionar idéias científicas aos procedimentos executados ou aos dados coletados por eles. Os autores afirmam que para mudar essa situação os professores precisam dedicar um tempo maior da aula para ajudar os estudantes a associarem idéias científicas com os fenômenos produzidos, ao invés de ver a produção bem sucedida do fenômeno como um fim em si mesmo.

Fica claro que o papel do professor é fundamental para que os estudantes aprendam, em termos de aprendizagem, das atividades práticas realizadas em laboratórios. Seja qual for a natureza do trabalho prático envolvido, se de investigação ou para confirmar teorias ou uma mistura dos dois, é o professor e o seu plano de aula que guiarão os resultados de aprendizagem alcançados.

No Brasil, aulas práticas de Química, Física e Biologia, conduzidas em laboratórios nas escolas de nível médio, principalmente as públicas, são praticamente inexistentes (GIMENEZ *et al*, 2006; SILVA e PEIXOTO, 2003). Mesmo nas escolas que possuem laboratórios estruturados, as atividades prático-experimentais são raras e muitas vezes desconectadas do conteúdo científico que está sendo trabalhado na sala de aula tradicional. Mas a realidade é outra nas escolas técnicas de nível médio e universidades federais, onde aulas práticas em laboratórios são usuais, dando a esse ambiente papel relevante no currículo dos cursos.

O laboratório escolar cumpre funções diferentes no ensino médio e no ensino técnico apesar de ambos compartilharem os objetivos listados por Borges (2002): verificar e comprovar teorias; facilitar a aprendizagem e entendimento de conceitos; aquisição de habilidades práticas. A diferença está no último objetivo, aquisição de habilidades práticas. Millar (1991) subdivide “habilidades práticas” em três categorias: *processos cognitivos gerais* (por exemplo, observar e formular hipóteses), *técnicas práticas* (por exemplo, separar um sólido de um líquido por filtração) e *táticas de investigação* (por exemplo, identificar variáveis a alterar, medir e controlar). O autor argumenta que somente as duas últimas categorias de habilidades práticas podem ser ensinadas e melhoradas por meio de atividades práticas em laboratório. Como dito por Borges (2002, p.302):

Dentro de cada laboratório há um conjunto básico de técnicas que pode ser ensinado e que forma uma base experiencial sobre a qual os estudantes podem construir um sistema de noções que lhes permitirão relacionar-se melhor com os objetos tecnológicos do cotidiano.

No ensino técnico pretende-se que a relação com os “objetos tecnológicos” vá além do cotidiano e alcance níveis mais sofisticados, incluindo a seleção e o uso de instrumentos e equipamentos especializados e a execução de procedimentos padronizados. Segundo Millar (1991, p.106) as técnicas práticas “... podem também ser vistas como progressivas, em termos tanto da crescente demanda conceitual de certas técnicas quanto de sua crescente precisão”.

A aquisição de habilidades técnicas é um dos principais objetivos das atividades realizadas em laboratório no curso técnico em Química Industrial, assim como nos cursos de graduação em Química (BRUCK, TOWNS e BRETZ, 2010). Pesquisas sobre aquisição de habilidades técnicas em laboratórios de Química são poucas e têm sido desenvolvidas apenas no ensino de graduação (VEAL, TAYLOR e ROGERS, 2009; McNAUGHT *et al*, 1995).

McNaught *et al* (1995) realizaram um estudo sobre a habilidade técnica de titulação dos estudantes do primeiro ano de Química. Eles testaram o efeito de um tutorial assistido por computador e de um vídeo, que foram introduzidos aos estudantes antes da primeira atividade prática de titulação, no nível da habilidade de estudantes que possuíam muito pouca experiência de laboratório. O tutorial era composto de 24 slides e 29 questões que o estudante deveria responder. Ele apresentava o fundamento teórico da titulação, os procedimentos corretos para lavar e usar as vidrarias com gráficos e trechos de vídeos. Também mostravam os procedimentos de segurança no laboratório, como, por exemplo, a forma correta de encaixar a pêra de sucção na pipeta de modo a evitar acidentes. Quando o estudante dava uma resposta incorreta apareciam dicas para dirigi-lo a resposta certa. Além do tutorial os estudantes assistiram a um vídeo que mostrava a técnica correta de titulação. Os autores filmaram os estudantes, um a um, realizando a titulação após assistirem o tutorial e o vídeo. Eles compararam o desempenho dos estudantes com pouca experiência de laboratório que assistiram ao tutorial e ao vídeo com o desempenho de estudantes com experiência em laboratório e que não assistiram ao tutorial e ao vídeo. Os autores concluíram que o tutorial teve um efeito positivo, uma vez que o desempenho geral do grupo de estudantes com pouca experiência de laboratório se equiparou ao do grupo com experiência. No entanto, o resultado de que apenas um estudante conseguiu o escore total em relação à técnica indicava que essa técnica deveria ser revista por todos os estudantes.

Veal, Taylor e Rogers (2009) avaliaram o papel da auto-reflexão dos estudantes sobre habilidades técnicas como pipetar, acender um bico de Bunsen, realizar uma medida e titular. Os autores avaliaram o domínio das habilidades procedimentais pelos estudantes por meio de testes, pelo desempenho dos estudantes no exame final de laboratório e pelas notas nas duas partes do curso, aulas de laboratório e

aulas teóricas. Eles trabalharam com dois grupos de estudantes um controle e outro experimental. No grupo experimental as aulas de laboratório eram gravadas em vídeo e logo após completar a tarefa o pesquisador solicitava aos estudantes que fizessem uma reflexão sobre seu desempenho, ao mesmo tempo em que mostrava a eles as gravações feitas em vídeo. Os resultados indicaram que a auto-reflexão sobre suas ações a partir do *feedback* fornecido pelo vídeo ajudaram os estudantes a fortalecerem suas habilidades técnicas mas não tiveram nenhuma influência na aprendizagem teórica.

DeMeo (2001) em uma revisão sobre o ensino de técnicas de laboratório de Química aponta vários métodos descritos na literatura usados para ensiná-las. Ele sugere que o uso de vídeos pode ser útil para promover a aquisição de habilidades técnicas. Procedimentos mais difíceis de demonstrar para um grupo podem ser mostrados por meio de um filme com “close-ups”. Adicionado a isso os estudantes podem assistir ao vídeo várias vezes para fixarem o procedimento mentalmente. O autor alerta para a importância da prática para a aquisição da habilidade dizendo que é muito improvável que um estudante domine uma nova técnica constituída de um conjunto de procedimentos praticando-a apenas uma ou duas vezes. DeMeo (2001, p. 378, tradução nossa) também sugere que: “Novos entendimentos sobre o que pode melhorar a habilidade técnica de laboratório podem vir muito bem da psicologia cognitiva e dos resultados de estudos psicomotores”.

Capítulo 3

REFERENCIAL TEÓRICO PSICOLÓGICO

Neste capítulo serão abordados os construtos cognitivos, relacionados à aprendizagem de procedimentos técnicos, que foram escolhidos como referenciais para essa pesquisa (conhecimento procedimental, habilidade e perícia). Para tanto, deve-se, antes de qualquer coisa, levar em consideração que as pesquisas sobre aquisição de habilidades e desenvolvimento de perícia normalmente são desenvolvidas em laboratórios em condições controladas para tentar capturar apenas os aspectos cognitivos envolvidos na execução de uma determinada tarefa. Ao se pensar no ambiente onde a presente pesquisa foi realizada, um laboratório de ensino, durante a realização de aulas em que freqüentemente aconteciam diversos tipos de interação (interação entre estudantes, interações entre estudantes e professora, interações entre estudantes e materiais) a todo o tempo, é preciso considerar o envolvimento de outros aspectos, como o psicológico, mesmo que o objetivo seja capturar uma habilidade específica para a realização de uma tarefa específica como neste caso. Portanto também serão abordados nesse capítulo os construtos aptidão (na perspectiva da Teoria de Robert Snow) e motivação (na perspectiva da Teoria da Autodeterminação).

I. CONHECIMENTO PROCEDIMENTAL E CONHECIMENTO DECLARATIVO

Os cientistas da área da cognição propõem tipos diferentes de representação mental para tipos diferentes de conhecimento, tais como regras, conceitos, imagens e analogias (THAGARD, 2005). A representação mental do conhecimento consiste na forma que os diversos tipos de conhecimentos adquiridos pelas pessoas assumem em suas mentes (THAGARD, 2005; STERNBERG, 2010).

A psicologia cognitiva freqüentemente distingue dois tipos de representação do conhecimento: um é o conhecimento declarativo e o outro é o conhecimento

procedimental (STERNBERG, 2010; ANDERSON, 1982, 2004; WINOGRAD, 1975). Vários estudos demonstram que o conhecimento declarativo e o conhecimento procedimental são representados na mente por sistemas neurais distintos, portanto são armazenados em sistemas de memória distintos (STERNBERG, 2010; SCHACTER, WAGNER e BUCKNER, 2000; SQUIRE, 1986). Entre os estudos que corroboram essa visão estão pesquisas com pacientes com amnésia que demonstram possuir conhecimento procedimental mesmo não se lembrando de possuírem tal conhecimento (SCHACTER, WAGNER e BUCKNER, 2000; SQUIRE, 1986).

O conhecimento declarativo, também chamado de conceitual (KADIJEVICH e HAAPASALO, 2001; McCORMICK, 1997), é o conhecimento que temos do mundo, é o conhecimento daquilo que pode ser declarado ou enunciado, como fatos, episódios, conceitos e suas relações, como, por exemplo, a descrição das características de um determinado objeto ou a descrição de um procedimento, ou a data do aniversário de um amigo. Este tipo de conhecimento tem ampla aplicação e é ativado conscientemente, de modo que seu processo de recuperação é lento, não sendo, portanto fruto de automatizações (STERNBERG, 2010, NOKES e OHLSSON, 2005; SQUIRE, 1986).

O conhecimento procedimental é o conhecimento de como executar tarefas, é o conhecimento de procedimentos que podem ser postos em prática. Geralmente o conhecimento procedimental é aquele caracterizado como o conhecimento sobre como alcançar um resultado específico em uma situação específica (ANDERSON, 1982, 2004; NOKES e OHLSSON, 2005; WINOGRAD, 1975). Um exemplo típico de tal conhecimento é dirigir um automóvel ou, para usar um exemplo da Química, executar uma titulação.

Anderson (2004) defende que a origem do conhecimento procedimental encontra-se na chamada atividade de resolução de problemas. De acordo com Anderson (2004) neste tipo de atividade, uma meta deverá ser decomposta em submetas e, para cada uma delas, o solucionador de problemas aplicará o operador adequado. Tais operadores são as ações que, executadas em uma determinada seqüência, resultam na solução do problema. Anderson (2004) argumenta que, aparentemente,

todas as atividades cognitivas são, de certa forma, resoluções de problemas. Segundo Anderson (2004) a cognição humana sempre pretende fazer algo voltado para o alcance de metas e para a remoção de obstáculos que se interpõem ao alcance dessas metas. O autor menciona o exemplo de um motorista profissional que dificilmente reconhece que está resolvendo um problema ao dirigir um automóvel devido ao automatismo de suas ações. No entanto, observar uma pessoa dirigindo pela primeira vez possibilita a constatação direta de que dirigir um automóvel pode ser visto como um problema a ser solucionado. O mesmo pode ser dito de realizar um procedimento cirúrgico ou desenhar um projeto de uma casa ou somar uma coluna de números. Para todas essas tarefas a experiência obtida pela prática tende a melhorar o desempenho. Portanto, o conhecimento procedimental freqüentemente envolve certo grau de habilidade que tende a aprimorar-se como resultado de uma prática constante (STERNBERG, 2010).

Nesta visão, executar a técnica de titulação constitui um problema para os estudantes que a realizam pela primeira vez e resolver esse problema, por meio da prática, significa elaborar a representação mental do conhecimento procedimental de titulação levando a sua aquisição.

Em relação à tarefa envolvida nessa pesquisa, o procedimento químico da titulação, pode-se dizer que o conhecimento do estudante sobre titulação pode ser declarativo, quando ele é capaz de apenas descrever verbalmente todo o procedimento, ou procedimental, quando ele é capaz de executar todo o procedimento de forma rápida e eficiente, ou uma mistura dos dois (MAXWELL, MASTERS e EVES, 2002).

II. HABILIDADE E PERÍCIA

O uso do termo habilidade geralmente diz respeito a um nível de desempenho, quanto à precisão e rapidez, na execução de tarefas específicas. Àqueles que atingem um alto grau de habilidade em uma área específica chama-se de peritos⁵. A perícia, entendida como altos níveis de conhecimento e habilidade de um indivíduo,

⁵ Nesse relato optou-se por usar os termos perícia e perito para designar, respectivamente, um desempenho superior em um domínio específico e aquele que apresenta tal desempenho superior.

tem sido um objeto de investigação psicológica (ERICSSON, 2008; ERICSSON, 2006; ERICSSON e LEHMANN, 1996; LARKIN *et al.*, 1980), e é de evidente interesse para a educação, de um modo geral e para a educação profissional de um modo especial (WINTERTON, DELAMARE - LE DEIST e STRINGFELLOW, 2005).

Existem habilidades, como dirigir um automóvel ou somar uma coluna de números, em que grande parte das pessoas é perita, mas existem habilidades em que apenas um número restrito de pessoas desenvolve perícia, como realizar um procedimento cirúrgico ou nadar 50 metros em 22 segundos no estilo livre. No entanto, segundo Anderson (2004), parece não existir diferença significativa entre o desenvolvimento de perícia em áreas especializadas (por exemplo, medicina) e em áreas mais gerais (por exemplo, somar uma coluna de números).

Existe uma íntima relação entre resolução de problemas, desenvolvimento de habilidades e de perícia. Peritos possuem uma capacidade superior para resolver problemas de sua área de atuação em relação aos principiantes (LARKIN *et al.*, 1980). Isso porque eles desenvolvem habilidades superiores devido a uma base de conhecimentos bem desenvolvida e organizada em um domínio específico (STERNBERG, 2010) e a uma prática constante e bem direcionada.

O tema *aquisição de habilidade* será abordado em um primeiro momento e depois abordaremos o tema *desenvolvimento da perícia*.

II. 1. Aquisição de habilidades

Proctor e Dutta (1995, p. 18, tradução nossa) definem habilidade como “comportamento bem organizado, direcionado para uma meta, que é adquirido através da prática e desempenhado com economia de esforço”. A partir dessa definição, constata-se que uma dada habilidade se caracteriza por: - desenvolver-se com o tempo, ou seja, com a prática; - ser uma resposta a uma demanda do meio externo; 3º - ser adquirida quando o conjunto de ações comportamentais se mostra estruturado de forma coerente; 4ª – requerer cada vez menos esforço consciente à medida que se desenvolve (WINTERTON, DELAMARE - LE DEIST e STRINGFELLOW, 2005).

Rosenbaum, Carlson e Gilmore (2001, p.454, tradução nossa) definem habilidade e sua aquisição do seguinte modo:

Quando falamos de uma “habilidade”, queremos dizer uma capacidade que permita que um objetivo seja atingido em algum domínio com uma probabilidade crescente como resultado da prática. Quando falamos de “aquisição de habilidade”, referimo-nos a atingir a competência relacionada à prática que contribui para ampliar a probabilidade de se alcançar o objetivo.

O conceito de habilidade ao qual essa pesquisa se refere é aquele definido por Proctor e Dutta (1995) em junção com aquele adotado por Rosenbaum, Carlson e Gilmore (2001). A presente pesquisa estudou o desenvolvimento da habilidade de titulação, que consiste em uma habilidade específica envolvendo um conhecimento técnico do domínio da Química e que é ensinada nos cursos técnicos em Química. Nessa pesquisa essa habilidade é denominada habilidade técnica.

A aquisição de uma habilidade tem sido descrita como um processo que ocorre em três estágios (FITTS e POSNER, 1967 *apud* ANDERSON, 2004; ANDERSON, 1982). Fitts e Posner (1967 *apud* ANDERSON, 1982) denominaram esses estágios de *cognitivo*, *associativo* e *autônomo*. No estágio cognitivo o aprendiz conhece as regras explícitas para execução do procedimento e recorre a elas à medida que executa o procedimento. Anderson (2004) ilustra bem o que acontece nesse estágio ao descrever o momento em que se está aprendendo a mudar de marcha em um automóvel. Geralmente, memorizam-se as posições das marchas e a seqüência correta de pisar a embreagem e movimentar a alavanca de mudança sendo essas informações recuperadas cada vez que se realiza o procedimento. Nesse estágio o aprendiz possui apenas o conhecimento do procedimento na forma declarativa o que torna suas ações lentas e imprecisas. Anderson (1982) denominou esse estágio de *fase declarativa*. No estágio associativo ocorre a associação do conhecimento declarativo com o procedimental por meio da prática extensiva e constante do uso das regras explícitas. Nesse estágio estabelece-se de forma gradual uma relação de familiaridade com as regras e a execução do procedimento vai ganhando aos poucos fluidez. Anderson (1982) referiu-se a esse estágio intermediário como *compilação de conhecimento*. Por fim, no estágio autônomo, denominado por Anderson (1982) de *fase procedimental*, o aprendiz passa a executar o

procedimento com grande fluência, de modo mais preciso e mais rápido. Esse estágio se prolonga indefinidamente uma vez que quanto mais o aprendiz executa os procedimentos relacionados à habilidade mais automática tende a ser a sua execução.

De acordo com o modelo descrito (ANDERSON, 2004) a habilidade é adquirida quando o conhecimento declarativo é convertido em procedimental, de forma que a pessoa com habilidade faz uso apenas do conhecimento procedimental não usando então a memória de trabalho⁶ ao executar a tarefa específica de forma que suas operações ganham em rapidez e fluidez.

Parece não haver dúvidas entre os especialistas de que a prática pode melhorar o desempenho quando se trata de executar tarefas e resolver problemas bem estruturados, isto é, tarefas e problemas que possuam caminhos claros para execução e solução, respectivamente, mas não necessariamente fáceis, como por exemplo, aprender outra língua (ERICSSON, 2006; ANDERSON, 2004; ERICSSON e CHARNESS, 1994; ERICSSON, KRAMPE e TESCH-RÖMER, 1993). Esse assunto será retomado mais adiante na revisão sobre perícia.

Toda aquisição de um novo conhecimento ou de uma nova habilidade envolve a transferência com base na aprendizagem prévia e o grau de domínio que se tem do assunto original é o principal fator que faz com que uma transferência seja bem-sucedida. A transferência é dita positiva quando a aprendizagem de um novo conhecimento é facilitada pelo conhecimento prévio e dita negativa quando, ao contrário, o conhecimento prévio dificulta a aprendizagem do novo conhecimento. No caso de habilidades só há transferência quando as habilidades, nova e antiga, compartilham os mesmos elementos abstratos do conhecimento (ANDERSON, 2004). Desse modo, raramente há transferência negativa quando se trata de habilidades.

⁶ Memória de trabalho é o sistema de memória de capacidade restrita, armazenando apenas a informação relevante para a tarefa que é realizada no momento, diferente da memória de longo prazo, que é nosso repositório mais amplo e permanente de conhecimento (STERNBERG, 2010).

A natureza da habilidade técnica, objeto dessa pesquisa, é essencialmente perceptual-motora, e é muitas vezes chamada de habilidade procedimental (BOULD, CRABTREE e NAIK, 2009). Isso significa que uma pessoa que não tem o conhecimento dos fundamentos teóricos da técnica de titulação também pode aprender a executá-la de forma automática, mas não será capaz de interpretar os resultados obtidos e resolver problemas que possam surgir durante a execução do procedimento, uma vez que para isso além de habilidades intelectuais é necessário ter o conhecimento técnico, ambos fundamentais para um profissional técnico.

Rosenbaum, Carlson e Gilmore (2001), ao discutirem as diferenças e semelhanças entre habilidade intelectual (por exemplo, resolver com facilidade e rapidez problemas de matemática) e habilidade perceptual-motora (por exemplo, tocar um violino de forma a atrair os ouvintes), concluem que apesar de serem diferentes na forma de expressão elas não diferem quanto ao modo como são adquiridas. Um exemplo é o efeito de uma prática intensiva em relação a uma prática espaçada no desempenho. Para os dois tipos de habilidade, em um curto prazo, uma prática intensiva leva a um melhor desempenho do que uma prática com interrupções. No entanto, o efeito é o inverso quando se avalia a aprendizagem em longo prazo, a prática espaçada leva a um melhor desempenho do que a prática intensiva. Esses resultados são válidos tanto para habilidades intelectuais quanto para habilidades perceptual-motoras (ROSENBAUM *et al*, 2006).

O modelo de aquisição de habilidade de Fitts e Posner (1967 *apud* ANDERSON, 1982) foi proposto para habilidades perceptual-motoras e estendido por Anderson (1982) para habilidades intelectuais. O modelo de Fitts e Posner estabelece que a atenção tem um papel importante nos estágios cognitivo e associativo perdendo sua importância no último estágio, o autônomo. Portanto, segundo este modelo, durante o processo de aquisição de habilidade perceptual-motora a dependência do controle cognitivo consciente e da atenção passa por um processo de diminuição. Esse mesmo princípio é apresentado por Schneider e Shiffrin (1977) que reiteram que processos controlados exigem atenção enquanto processos automáticos não. Esse fenômeno, segundo Rosenbaum *et al* (2006), aplica-se a um grande número de habilidades intelectuais e perceptual-motoras, dando suporte à afirmação de que

habilidades intelectuais e perceptual-motoras possuem propriedades semelhantes e são adquiridas pelo mesmo processo.

Estudos sobre a aquisição de habilidades técnicas são bastante freqüentes nas áreas da saúde, particularmente em Medicina, e pouco freqüentes nas áreas tecnológicas. Parece que essa ocorrência é devida a uma demanda crescente por avaliações mais objetivas de habilidades manuais e competência no desempenho de procedimentos invasivos em medicina (BOULD, CRABTREE e NAIK, 2009; FRIEDMAN *et al.*,2006). Talvez essa aparente maior preocupação com o desempenho dos médicos seja devido ao fato de que nessa área qualquer erro de técnica pode ser fatal para a vida de um ser humano. Por isso existe um empenho constante na tentativa de desenvolver instrumentos mais objetivos para avaliar a proficiência técnica, principalmente em procedimentos cirúrgicos (DOYLE, WEBBER e SIDHU, 2007).

Bould, Crabtree e Naik (2009), em uma revisão sobre técnicas usadas para avaliar “habilidades procedimentais” (relativas ao procedimento) em anestesia, apontam as técnicas de observação direta com critério dos tipos *listas de verificação* (checklist) e *escalas de classificação global* (ECG) como as que têm melhor atendido aos requisitos de validade e confiabilidade.

As *listas de verificação* ou *checklists* permitem classificar o desempenho durante uma observação direta. Essas listas são construídas por especialistas que decompõem a tarefa em subtarefas que serão avaliadas como um resultado dicotômico do tipo correto/incorreto ou fez/não fez. Já as *escalas de classificação global* usam uma escala Likert tendo uma gradação de resposta em cada categoria e permitem uma avaliação mais qualitativa.

Friedman *et al.* (2006) usaram os dois instrumentos, *checklist* e ECG, para avaliar a proficiência na realização de uma anestesia epidural. Foram filmados seis residentes realizando o procedimento durante seis meses e seus desempenhos foram avaliados usando os dois instrumentos. Os resultados desse estudo mostraram boa concordância entre os dois instrumentos. Também houve uma correlação significativa entre o número de procedimentos executados e o escore alcançado

indicando que ambos os instrumentos são válidos para diferenciar operadores com níveis diferentes de proficiência. Naik *et al.* (2007), ao avaliar os desempenhos de residentes do primeiro e último ano na realização de *bloqueio do plexo braquial pela via interescalênica*⁷, obtiveram resultados similares, isto é, boa concordância entre os dois tipos de instrumentos e correlação significativa entre os escores e a experiência na realização do procedimento.

Tais resultados sugerem que esses tipos de instrumentos são bastante apropriados para avaliar a evolução do desempenho em uma habilidade técnica com a prática.

II. 2. Desenvolvimento da perícia

O NOVO DICIONÁRIO AURÉLIO DA LINGUA PORTUGUESA (FERREIRA *et al.*, 1975) define perícia como “qualidade de perito” e define perito como “aquele que é sabedor ou especialista em determinado assunto”. Ericsson (2006, p. 3) diz que perícia “refere-se ao conjunto de características, habilidades e conhecimento que distinguem peritos de pessoas iniciantes ou com menos experiência” e que desempenho perito é um desempenho superior em tarefas representativas do domínio da perícia que pode ser reproduzido (por exemplo, médicos cirurgiões que realizam um procedimento cirúrgico de forma mais eficiente que residentes na especialidade). Sternberg (1998, p. 132) refere-se à perícia como “um processo em contínuo desenvolvimento”. Concordando com essa colocação esse relato mencionará sempre *desenvolvimento da perícia* em vez de *aquisição de perícia*.

A sociedade atual depende enormemente de perícia em vários domínios, como em habilidades perceptual-motoras, em ciência, em tecnologia, em administração e, sem dúvida, em ensino que é o meio de propagar outros tipos de perícia (BEREITER e SCARDAMALIA, 1986) entre muitos outros. Desenvolver perícia requer um investimento especial e prolongado em aprendizagem o que representa um sério desafio para a educação atual.

⁷ Consiste em uma técnica anestésica usada para intervenções cirúrgicas no ombro. Nessa técnica o plexo braquial é abordado no nível das raízes nervosas, quando elas emergem entre o músculo escaleno anterior e o médio.

Há duas formas de abordar o tema da perícia em pesquisas sobre o tema (CHI, 2006): a primeira estuda as pessoas excepcionais procurando descobrir o que as torna excepcionais pela compreensão de como elas se desempenham no seu domínio de especialização. Por exemplo, pode-se estudar como um cientista notável construiu sua teoria. A esse tipo de abordagem, Chi (2006, p. 22) denominou “estudo da perícia absoluta”. A outra forma de abordar a perícia, denominada por Chi (2006, p. 21) de “abordagem relativa”, é comparando peritos ou especialistas com principiantes. A abordagem relativa pressupõe que a perícia é um nível de proficiência que pode ser alcançado pelos principiantes, de modo que estudar as diferenças nos desempenhos entre peritos e principiantes pode levar ao entendimento do caminho realizado pelo perito para chegar a esse nível de proficiência. Este tipo de abordagem apresenta mais interesse para a área da educação, uma vez que pode ajudar no entendimento do processo de aprendizagem. Segundo Chi (2006, p.23, tradução nossa)

Assim, o objetivo de estudar a perícia relativa não é apenas descrever e identificar as formas pelas quais os especialistas sobressaem. Pelo contrário, o objetivo é entender como os peritos tornaram-se assim para que outros possam aprender a se tornar mais hábeis e versados.

Algumas características da perícia que são gerais aos diversos domínios (FELTOVICH, PRIETULA e ERICSSON, 2006) serão descritas em paralelo com as diferenças básicas entre peritos e principiantes na execução de uma tarefa de domínio específico (BEREITER e SCARDAMALIA, 1986; CHI, 2006; BRANSFORD, BROWN e COCKING, 2007, STERNBERG, 2010).

A característica da perícia que constitui um dos resultados mais duradouros da pesquisa sobre perícia de acordo com Feltovich, Prietula e Ericsson (2006) é ser específica de um domínio, uma vez que o desempenho de excelência em um domínio específico não é transferido para outro domínio, mesmo quando os domínios parecem semelhantes (ERICSSON e LEHMANN, 1996). Um indivíduo que alcança níveis superiores de desempenho em um domínio dificilmente alcançará o mesmo nível em outro domínio. Por exemplo, um exímio nadador dificilmente será um exímio jogador de futebol mesmo que ambas as habilidades pertençam

aparentemente a um mesmo domínio, o dos esportes. Portanto, para desenvolver perícia na execução de uma determinada tarefa é necessário praticar com a tarefa específica. O desempenho do perito é superior ao do principiante principalmente em tarefas que são representativas de atividades típicas de seu domínio de perícia (FELTOVICH, PRIETULA e ERICSSON, 2006). Quão específico é o domínio parece ser uma questão de escolha, indo de perícia em habilidades perceptual-motoras (ROSENBAUM *et al.*, 2006) à perícia em um campo da ciência (LARKIN *et al.*, 1980)

Uma segunda característica é que o conhecimento é importante para a perícia. Uma das diferenças entre peritos e principiantes é que os peritos possuem um acúmulo bem superior de conhecimento de seu domínio de ação em relação aos principiantes (BEREITER e SCARDAMALIA, 1986). No entanto não se trata apenas de quantidade de conhecimento, mas também de como eles, os peritos, representam esse conhecimento. Chi (2006a.) afirma que o que determina as diferenças nos desempenhos de peritos e principiantes são as diferenças na forma como eles representam o conhecimento. A representação do conhecimento de peritos difere dos principiantes em relação à extensão do conhecimento, à organização do conhecimento, à “profundidade” do conhecimento e à consolidação e integração do conhecimento (CHI, 2006a). Os peritos organizam seu conhecimento em torno de conceitos fundamentais aparentemente em uma estrutura hierárquica que orientam seu raciocínio, já os principiantes parecem representar o conhecimento de uma forma superficial (CHI, FELTOVICH e GLASER apud CHI 2006a; LARKIN *et al.*, 1980; EGAN e SCHWARTZ, 1979).

Uma terceira característica da perícia citada por Feltovich, Prietula e Ericsson (2006) e relacionada à representação do conhecimento, envolve a organização da informação em blocos (“chunks”) ou padrões na memória de trabalho dos peritos, o que amplia a sua capacidade de memória. Nós conseguimos armazenar e recuperar na memória de trabalho (memória imediata) no máximo sete itens (MILLER, 1956, apud STERNBERG, 2010). Um item pode ser uma letra ou uma palavra. Por exemplo, para lembrarmos as letras “a”, “i”, “o”, “c”, “p” e “r” (seis itens) separadamente precisaremos usar praticamente toda a capacidade de nossa memória de trabalho, mas se juntarmos essas letras formando as palavras “pai” e “cor” (dois itens) ampliamos a capacidade da memória e a recordação das letras fica

mais fácil. Isso é o que os peritos fazem, eles constroem esses blocos ou padrões como resultado da maior experiência e prática ampliando funcionalmente o tamanho da memória de trabalho. Essa característica foi descoberta nas pesquisas sobre perícia no jogo de xadrez (CHASE e SIMON,1973). Chase e Simon (1973) realizaram um experimento com mestres enxadristas e jogadores menos experientes em que mostrou-se aos participantes um tabuleiro de xadrez com as peças representando posições de jogo extraídas de jogos reais. O tabuleiro era mostrado aos participantes por apenas cinco segundos e depois era solicitado a eles que reproduzissem as posições que eles viram. Foi verificado que os mestres conseguiam reproduzir muito mais configurações do que os jogadores menos experientes porque eles adquiriram, com a experiência, um estoque de padrões de tabuleiro de xadrez envolvendo grupos de peças (CHASE e SIMON, 1973). O mesmo fenômeno foi observado em outros domínios, como, por exemplo, no trabalho de Egan e Schwartz (1979), em que técnicos habilitados em eletrônica, ao contrário dos principiantes, conseguiram lembrar grande parte de diagramas de circuitos complexos após verem os diagramas por alguns segundos.

A metacognição, reflexão sobre seus próprios processos cognitivos, também é importante para a perícia (FELTOVICH, PRIETULA, ERICSSON, 2006; STERNBERG, 1998). A capacidade de refletir sobre suas ações e os resultados advindos delas na realização de uma tarefa representativa do domínio da perícia também é uma diferença encontrada entre peritos e principiantes. No entanto, quando a execução da tarefa é automatizada a metacognição pode atrapalhar o desempenho. Por exemplo, tenistas têm declarado que quando eles pensam muito sobre o que eles estão fazendo enquanto estão fazendo seu desempenho piora (STERNBERG, 1998).

O automatismo também constitui uma característica importante da perícia discutida por Feltovich, Prietula e Ericsson (2006). O automatismo das ações resulta de uma prática extensa e os peritos em um conjunto de tarefas pertencentes a um domínio possuem muita prática na execução das mesmas. Mudanças, tanto no comportamento quanto no cérebro, acontecem como consequência de se praticar muitas vezes uma tarefa específica (HILL e SCHNEIDER, 2006). As ações que são lentas e recorrentes quando se executa uma tarefa pela primeira vez, requerendo

atenção consciente, se tornam fluidas e rápidas com a prática permitindo que outras tarefas sejam realizadas em paralelo (SCHNEIDER e SHIFFRIN, 1977). Um dos papéis que o automatismo exerce na perícia seria facilitar a proficiência em habilidades superiores que requerem atenção (raciocínio, monitoramento, inferência e outras) uma vez que habilidades mais básicas (codificação e decodificação) estão automatizadas (FELTOVICH, PRIETULA, ERICSSON, 2006) durante a execução de tarefas complexas.

O modelo tradicional de aquisição de habilidade de Fitts e Posner, descrito por Anderson (2004), prevê que após extensiva experiência o principiante se transforma em um perito sendo capaz de responder rapidamente e intuitivamente, uma vez que não necessita mais recuperar o conhecimento declarativo. Em domínios mais simples como, por exemplo, dirigir um automóvel, muitas pessoas desenvolvem a perícia em pouco tempo, no entanto, em domínios mais complexos, como jogar xadrez, pode levar décadas para se atingir um nível superior de desempenho (ERICSSON, 2008). Ericsson (2008) coloca que atingir um desempenho automático de uma habilidade não é a mesma coisa que desenvolver perícia, pelo contrário, como não se pode controlar ou ajustar o desempenho quando ele está automatizado não há possibilidade de melhorá-lo. Ericsson, Krampe e Tesch-Römer, (1993), Ericsson e Charness (1994), Ericsson e Lehmann (1996) e Ericsson (2008) citam vários trabalhos cujos resultados são evidências de que o tempo de experiência e de prática em um domínio não garante um desempenho superior nas tarefas relacionadas ao domínio. A experiência e a prática são necessárias para o desenvolvimento da perícia, mas não são suficientes (ERICSSON, 2008; ERICSSON, KRAMPE e TESCH-RÖMER 1993): executar por várias vezes a mesma tarefa pode melhorar a rapidez em atingir o resultado final, mas não garante que ocorra alterações na qualidade do desempenho e, portanto, na qualidade do resultado obtido. De acordo com Ericsson (2006a, 2008) a experiência se torna suficiente quando adquirida em condições específicas que permitam o aprimoramento constante do desempenho. Ericsson e Charness (1994) e Ericsson, Krampe e Tesch-Römer (1993) declaram que a prática prolongada do tipo certo é necessária e suficiente para o desenvolvimento da perícia em qualquer domínio. Tal prática foi denominada por Ericsson, Krampe e Tesch-Römer (1993) de *prática deliberada*.

A prática deliberada consiste em um treinamento personalizado, planejado por um instrutor (professor ou técnico) especialista com o objetivo de aprimorar o desempenho do aprendiz. Segundo Ericsson, Krampe e Tesch-Römer (1993) a prática deliberada se caracteriza por: 1º- consistir de tarefas que tenham um grau de dificuldade adequado ao aprendiz de modo a mantê-lo motivado a se esforçar na execução das mesmas; 2º- fornecer um *feedback* imediato ao aprendiz em relação ao seu desempenho; 3º- promover a repetição da execução da tarefa pelo aprendiz quantas vezes for necessário permitindo ao aprendiz corrigir seus erros.

Para alcançar um desempenho de perito ou de alto nível por meio da *prática deliberada*, de acordo com Ericsson, Krampe e Tesch-Römer (1993), é preciso atentar para os seguintes fatores:

1º - deve-se tentar maximizar o tempo gasto na prática deliberada porque a quantidade de tempo que o aprendiz fica envolvido com as tarefas da *prática deliberada* relaciona-se diretamente ao desempenho adquirido. Mas tal maximização é de longa duração, pelo menos 10 anos, e com várias limitações, ela requer tempo e energia e instrutores disponíveis que sejam peritos em seu domínio (o de ensino e o relativo ao desempenho do aprendiz)

2º - o envolvimento na prática deliberada não é inerentemente motivador – a recompensa ou o prazer só vem com o resultado, estando ausentes durante a prática. Segundo os autores supracitados isso é consistente com o fato de que os indivíduos raramente iniciam a prática espontaneamente em um domínio.

3º – o tempo diário de prática deve ser limitado nunca levando a exaustão, pois a prática deliberada é uma atividade que exige muito esforço.

A questão do tempo de duração diário da prática deliberada merece um destaque uma vez que se afirma que o nível de desempenho que o aprendiz atinge é diretamente relacionado à quantidade de prática deliberada. Então, para atingir o nível máximo de desempenho em determinado período de tempo deve-se maximizar a quantidade de prática deliberada durante esse período. No entanto, esse tipo de prática requer grande esforço da parte do aprendiz de modo que a duração de uma sessão diária deve ser limitada. Estudos sobre aquisição de habilidades perceptual-motoras indicam que a duração efetiva de prática deliberada deve ser cerca de 1 hora por dia (ERICSSON, KRAMPE e TESCH-RÖMER 1993).

Ericsson, Krampe e Tesch-Römer (1993) elaboraram tal teoria com base em uma revisão de pesquisas sobre aquisição de habilidades. Os resultados de muitas dessas pesquisas indicam que quando as pessoas usam de novos métodos ou estratégias para executar a tarefa enquanto estão praticando, ou, quando é fornecido a elas algum tipo de *feedback*, seus desempenhos nas tarefas tendem a melhorar significativamente. Histórias das vidas de pessoas notáveis em seus domínios também serviram de evidência para o papel importante da prática deliberada para o desenvolvimento da perícia. Além disso, de acordo com Ericsson (2008), comparações históricas fornecem as melhores evidências para a necessidade de melhores métodos de treinamento e prática de maior duração para se atingir altos níveis de desempenho. Por exemplo, em competições de atletismo e natação, atletas considerados amadores atualmente seriam campeões no passado.

É fácil reconhecer e entender essas colocações sobre a prática deliberada como o único meio de se desenvolver a perícia quando se pensa em atletas e artistas em suas diversas modalidades. Mas pode parecer um “exagero” quando se considera estudantes aprendendo uma profissão. Talvez porque fica aparente a dificuldade do sistema escolar tradicional em oferecer tais condições de aprendizagem que poderiam contribuir enormemente para a formação de profissionais de alto nível em seus domínios. Feltovich, Prietula e Ericsson (2006, p. 61, tradução nossa) deixam isso muito claro quando dizem

Não é razoável ensinar aos estudantes o conhecimento e as regras sobre um domínio, tais como programação, medicina e economia, e depois esperar que eles sejam capazes de converter este material em habilidades profissionais efetivas por meio de experiência adicional no domínio pertinente.

Ericsson, Krampe e Tesch-Römer (1993) fazem uma comparação bastante interessante entre as atividades da prática deliberada com as atividades no ambiente de trabalho. Quando iniciando em um novo emprego o indivíduo geralmente passa por um período de aprendizagem ou supervisão durante o qual ele aprende técnicas e métodos consagrados dentro da empresa e adquire um desempenho num nível confiável. Após esse período a empresa espera que ele dê o melhor de si na execução dos métodos e técnicas estabelecidos. Eles, geralmente,

não são encorajados a melhorar o seu desempenho qualitativamente, e sim a mantê-lo num nível aceitável. Na prática deliberada o indivíduo ao repetir experiências, aprende a trabalhar com as questões críticas da atividade e de seu desempenho, podendo mudar e melhorar ambos a partir do resultado alcançado e do *feedback* dado pelo seu instrutor.

O principal questionamento à posição de Ericsson e colegas está na afirmação de que a *prática deliberada* é suficiente para desenvolver a perícia em qualquer domínio ignorando a contribuição de características inatas das pessoas no desenvolvimento da perícia, como, por exemplo, a altura de um atleta em algumas categorias esportivas e do “talento” (STERNBERG, 1998; EYSENCK e KEANE, 2007). Sternberg (1998) afirma que o trabalho de Ericsson mostra que há uma correlação entre a prática deliberada e a perícia, mas não mostra uma relação de causa e efeito entre as duas. O autor exemplifica dizendo que ao obterem sucesso em uma tarefa aqueles com mais habilidade tenderiam a praticar mais e aqueles com menos habilidade ao não conseguirem ser bem sucedidos na tarefa poderiam desistir. Sternberg (1998) ainda coloca que tanto a prática deliberada quanto o nível de desempenho podem ser reflexos de outro fator, como por exemplo, o apoio familiar, o que poderia acarretar na melhora do desempenho e na prática. O autor reconhece a importância da prática deliberada para a perícia, mas não considera que esse tipo de prática seja uma condição suficiente para desenvolver a perícia.

Muitas pessoas, especialistas ou não, possuem a crença de que o “talento” é um fator importante no desenvolvimento da perícia em determinadas áreas, mas mesmo indivíduos aparentemente talentosos precisam de muita prática para desenvolver sua perícia (ERICSSON, KRAMPE e TESCH-RÖMER 1993).

III. APTIDÃO - TEORIA DE SNOW

Para Snow (1992) aptidão é o estado inicial da pessoa que carrega uma predisposição para desenvolvimentos futuros em condições específicas. Dessa forma, aptidões são estados iniciais das pessoas que são “propedêuticos para a aprendizagem em uma situação particular a mão” (SNOW, 1992, p. 6, tradução

nossa). Esse conceito claramente envolve possibilidades diferenciadas entre as pessoas nas suas interações com as diferentes situações de aprendizagem. Essas diferenças não se referem apenas a características cognitivas das pessoas, mas também a características afetivas e conativas. Robert Snow, com seu trabalho, reconstrói o conceito de aptidão a partir de seu antigo conceito. O autor afirma que o conceito de aptidão foi distorcido pelos testes de inteligência que surgiram no século passado. Nos ditos do autor:

Aptidão tornou-se nada mais que predições feitas a partir de testes convencionais de habilidade. Aptidão geral tornou-se sinônimo de inteligência (traço cognitivo de propósito geral). Aptidão escolástica tornou-se sinônimo de habilidade verbal e quantitativa. Além disso existia aptidões especiais definidas de acordo com distinções convencionais entre disciplinas escolares ou domínios vocacionais. (SNOW, 1992, p. 7, tradução nossa)

O autor argumenta que o conceito amplo de aptidão que inclui aspectos afetivos e conativos além das habilidades cognitivas é o melhor para a educação. O autor diz que partindo dessa concepção pode-se pesquisar “a mistura das diferenças cognitivas, conativas e afetivas em resposta a instrução; e o relacionamento recíproco, adaptativo entre pessoas e situações” (SNOW, 1992, p. 7, tradução nossa).

Central na concepção de Snow de aptidão é a relação recíproca entre a pessoa e a situação. O desempenho de uma pessoa em determinada tarefa e em uma determinada situação seria função do ajuste entre a pessoa e a situação e a qualidade desse ajuste é que ditaria a qualidade do desempenho. Em resumo:

[...]as diferenças de aptidão em aprender aparecem na interface pessoa-tarefa como diferenças na adaptação dentro da pessoa ao fluxo de mudanças contínuas de demandas e oportunidades dentro da tarefa.(SNOW, 1992, p. 21, tradução nossa)

Por exemplo, considerando o caso de uma situação de ensino e aprendizagem em que é aplicado um determinado método de instrução. Para uma pessoa que se adéqua perfeitamente ao modo de instrução ou o método de instrução é perfeitamente apropriado para a pessoa a aprendizagem será bem sucedida. E

quando acontece aprendizagem deduz-se que há aptidão sendo esta atribuída tanto a pessoa quanto ao método de instrução (SNOW, 1992). Seguindo o mesmo raciocínio pode ser deduzido no caso de fracasso em aprender que há inaptidão também atribuída tanto a pessoa quanto ao método de instrução.

Seguindo a perspectiva de Snow, além de se considerar as diferenças conativas e afetivas entre os estudantes numa situação de aprendizado também é importante considerar a qualidade da interação entre o estudante e a forma de instrução quando se quer entender as diferenças no desempenho escolar.

No presente estudo optou-se por investigar a relação entre motivação na perspectiva da teoria da autodeterminação e o desenvolvimento da habilidade técnica com a prática.

IV. MOTIVAÇÃO – TEORIA DA AUTODETERMINAÇÃO

Vários estudos têm demonstrado que há uma relação estreita entre motivação e desempenho escolar (FORTIER, VALLERAND e GUAY, 1995; SOBRAL, 2009; MARTINELLIE e GENARI, 2009; NEVES e BORUCHOVITCH, 2009). A Teoria da Autodeterminação distingue dois tipos básicos de motivação que levam as pessoas a agirem no mundo (GAGNÉ e DECI, 2005; DECI e RYAN, 2000; DECI *et al.*, 1991): a motivação intrínseca e a motivação extrínseca.

A motivação intrínseca refere-se a uma motivação autônoma, de origem interna e está relacionada ao comportamento autodeterminado do indivíduo cujo processo regulador é a livre escolha (DECI *et al.*, 1991). As pessoas intrinsecamente motivadas para uma atividade a realizam para o seu próprio bem, sem se sentirem obrigadas, pelo simples prazer e satisfação que sentem ao realizar a atividade. Vallerand *et al* (1989) postularam uma classificação da motivação intrínseca em três categorias nomeadas de: *motivação intrínseca para saber* (MIPS), *motivação intrínseca para realizar algo* (MIPR) e *motivação intrínseca para vivenciar estímulos* (MIPVE).

A *motivação intrínseca para saber* (MIPS) relaciona-se ao prazer e satisfação experimentados ao aprender ou tentar entender algo novo. A pessoa se envolve em uma atividade para aprender ou explorar o que ainda não conhece pelo prazer que isto lhe dá. Por exemplo, um estudante que lê um livro pelo total prazer que ele sente ao aprender coisas novas está intrinsecamente motivado para saber (VALLERAND *et al*, 1992).

A *motivação intrínseca para realizar algo* (MIPR) pode ser vista como uma motivação para alcançar a maestria ou para criar algo único. Este tipo de motivação intrínseca é o que move as pessoas a se engajarem em uma atividade pelo prazer e satisfação que elas sentem quando tentando realizar ou criar algo. Um estudante está intrinsecamente motivado para realizar algo quando tenta se superar, por exemplo, ampliando seu trabalho para além do que é exigido pelo professor (VALLERAND *et al*, 1992).

Por fim, a *motivação intrínseca para vivenciar estímulos* (MIPVE) refere-se ao engajamento em uma atividade pelas sensações estimulantes que são vividas durante a realização da atividade, como alegria e excitação. Por exemplo, o caso de estudantes que vão à aula pela excitação que sentem ao vivenciar um debate em sala. Tais estudantes estariam intrinsecamente motivados para vivenciar estímulos (VALLERAND *et al*, 1992).

A motivação extrínseca relaciona-se a comportamentos controlados e regulados pela concordância ou pela rebeldia às regras (DECI *et al.*, 1991). A pessoa motivada extrinsecamente se empenha em uma atividade como um meio para alcançar um fim e não para se sentir bem ou fazer um bem a si mesmo. São distinguidos quatro tipos de motivação extrínseca (DECI *et al.*, 1991) pela teoria da autodeterminação que são postulados com base nos processos de internalização e de regulação do comportamento em graus diferenciados: *regulação externa* (MERE), *regulação por introjeção* (MEIN), *regulação por identificação* (MEID), *regulação por integração* (MEIT).

A regulação externa compreende o comportamento totalmente regulado por fatores externos tais como recompensas ou punições. Por exemplo, um estudante que diz:

“eu vou à aula porque meus pais me obrigam” está motivado extrinsecamente por regulação externa (VALLERAND *et al*, 1992).

A regulação por introjeção já se caracteriza pela internalização do comportamento como necessário. A pessoa faz porque se pressiona a fazê-lo. Por exemplo, o estudante que diz: “eu vou à aula porque eu tenho que passar de ano” (VALLERAND *et al*, 1992). Mas esse comportamento não é autodeterminado porque não é regulado pela livre escolha e sim por coerção interna (DECI *et al.*, 1991).

A motivação da pessoa passa a ser regulada por identificação quando um grau maior de internalização está envolvido e a pessoa valoriza o comportamento, considerando-o importante para si. Por exemplo, quando o estudante diz: “eu vou à aula porque assistir as aulas me ajuda muito nas provas” seu comportamento é regulado por identificação (VALLERAND *et al*, 1992).

O último tipo de motivação extrínseca, regulação por integração seria a forma mais desenvolvida da motivação extrínseca em que o comportamento passa a ser autodeterminado porque o processo regulador está totalmente integrado ao que a pessoa é. Esse tipo se confunde com a motivação intrínseca porque ambas as formas são autônomas.

A teoria da autodeterminação fundamentalmente distingue motivação autônoma de motivação controlada (DECI e RYAN, 2008). A motivação autônoma compreende todos os tipos de motivação intrínseca e os tipos de motivação extrínseca regulada por identificação e por integração. A característica do comportamento autônomo é ser gerado pela vontade e ser autocentrado. A motivação controlada compreende as motivações extrínsecas de regulação externa em que o comportamento é regulado por fatores externos (recompensa ou punição) e de regulação por introjeção em que o comportamento é regulado por influências externas que foram internalizadas como necessidade de aprovação ou evitar a vergonha.

Um terceiro tipo de construto motivacional que deve ser considerado juntamente com motivação intrínseca e motivação extrínseca é a desmotivação (VALLERAND *et al*, 1992). Pessoas desmotivadas sentem-se incompetentes e sem controle, ou não

agem ou agem sem intenção. Elas percebem seu comportamento como causado por forças fora do seu controle e dizem coisas do tipo: “eu não faço idéia porque vou à aula” (VALLERAND *et al*, 1992).

Vallerand *et al* (1989, 1992, 1993) elaboraram e validaram um questionário de avaliação de motivação acadêmica que permite avaliar todos os construtos de motivação intrínseca e extrínseca exceto o de regulação por integração, uma vez que os autores decidiram excluir esse tipo de motivação da avaliação pelo instrumento. Este instrumento conhecido como Escala de Motivação Acadêmica (Academic Motivation Scale) tem sido amplamente aplicado e foi concebido em versões diferentes para serem aplicadas a estudantes universitários, estudantes de ensino médio e estudantes do ensino fundamental.

A versão em português da *Academic Motivation Scale* para a universidade foi validada em um estudo conduzido por Sobral (2003) que analisou a motivação de estudantes de Medicina no início do curso e sua relação com a autoconfiança, a valorização do curso, o rendimento acadêmico e a intenção de prosseguir no curso de medicina. O instrumento foi aplicado a 269 estudantes no início do terceiro semestre do curso (fase pré-clínica) e posteriormente a uma amostra de 70 dos 269 já na fase de aprendizagem clínica, doze meses depois. Os resultados atestaram a validade do instrumento.

Deci e Ryan (2000) citam estudos em educação cujos resultados indicaram que a motivação mais autônoma está relacionada a um melhor desempenho e qualidade superior de aprendizagem. Comparações entre pessoas auto-motivadas e pessoas motivadas por agentes externos para uma ação em ambientes de trabalho, têm mostrado que as primeiras em relação às últimas apresentam maior interesse e confiança que se manifestam em um melhor desempenho, persistência e criatividade.

CAPÍTULO 4

REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO

I. MODELOS RASCH⁸ PARA MENSURAÇÃO

O conjunto de modelos *Rasch* constitui-se como uma família de modelos estatísticos usados para construir medidas intervalares a partir de dados ordinais obtidos por meio de observações (BOND e FOX, 2007; MEAD, 2008; ANDRICH, 1988).

Estudar o progresso do desempenho de uma habilidade com o tempo de prática requer dois processos distintos e separados: mensuração e análise. Neste processo, a mensuração deve ser consistente e precisa para garantir que as inferências extraídas da análise sejam válidas.

O processo de mensuração caracteriza-se como um problema nas ciências sociais e humanas (WRIGHT, 1997) já há muito tempo, uma vez que os atributos a serem mensurados não são diretamente visíveis, como o atributo habilidade técnica que é o objeto dessa pesquisa. Medir a habilidade de uma pessoa não é um procedimento direto como, por exemplo, medir a sua altura. A dificuldade está no fato de que a habilidade é um *traço latente* e de estrutura complexa e, portanto, não é diretamente observável como a altura da pessoa o é. Somente por meio de variáveis observáveis, indicadores desse atributo, é que sua mensuração pode ser realizada. Portanto, a partir de indicadores do desempenho, este pode ser avaliado qualitativamente e quantitativamente. No entanto, a classificação é apenas precursora da construção de sistemas de medidas, ela não é suficiente para mensuração (BOND e FOX, 2007).

O questionamento que surge a partir desta reflexão recai no desafio de converter observações em medidas. É preciso transformar as observações por meio de modelos matemáticos, sendo os Modelos *Rasch* para Mensuração (ANDRICH,

⁸ Eles são chamados Modelos Rasch porque foram primeiramente desenvolvidos pelo matemático Dinamarquês Georg Rasch (1901-1980).

1988) uma classe particular deste tipo de modelo capaz de obter mensurações a partir de observações discretas. De acordo com Wright e Linacre, (1989) tais modelos, além de especificarem exatamente como converter contagens em medidas lineares também permitem descobrir até que ponto uma conversão particular é bem sucedida o bastante para ser útil.

Um requisito básico dos dados para que possam ser analisados por meio dos modelos *Rasch* é a unidimensionalidade (WRIGHT e LINACRE, 1989). Isto significa que o instrumento usado para mensuração deve medir apenas um tipo de construto por vez. Andrich (1988) declara que uma das características da variável unidimensional é o fato de ser construída. Portanto, segundo o autor, conhecer bem o construto que se quer mensurar é fundamental para construir uma variável que seja unidimensional num nível de precisão que é de algum uso prático ou teórico (ANDRICH, 1988).

Alcançar a unidimensionalidade configura-se como uma atividade ainda mais problemática quando os construtos a serem mensurados referem-se ao comportamento humano que é complexo e envolve múltiplas variáveis. Snow (1992, p. 10, tradução nossa) coloca muito bem essa questão quando diz que “seres humanos não são listas de variáveis independentes; eles são totalidades coordenadas”. Ao responder a um item de um teste específico, o sujeito estará ativando algum mecanismo psicológico e espera-se que tal mecanismo será repetido no momento em que o sujeito for responder a todos os outros itens do teste. No entanto, ao se tentar mensurar, por exemplo, uma habilidade técnica da pessoa, a proficiência que se está procurando capturar tem uma parte que envolve habilidade intelectual, outra parte que envolve habilidade perceptual-motora e outra parte que envolve motivação sendo, portanto difícil obter-se unidimensionalidade irrestrita. Habilidades cognitivas são altamente correlacionadas, de modo que na prática nenhum teste real pode ser perfeitamente unidimensional. Mesmo assim um teste deve aproximar-se o máximo possível do ideal de medida unidimensional se a obtenção de resultados generalizáveis é o que se busca (ANDRICH, 1988).

Para acompanhar a descrição que se segue das características básicas dos modelos *Rasch* deve-se levar em consideração que nos processos de mensuração

psicológica e educacional o resultado (a evidência) vem da interação entre o objeto (a pessoa) e o agente (o item), sendo que um conjunto de itens constitui um instrumento (o teste) (MEAD, 2008).

Um aspecto importante do modelo *Rasch* é o reconhecimento de que o resultado da interação entre uma pessoa e um item do teste não pode ser predeterminado, mas deve envolver um componente imprevisível. Isso faz com que a especificação do que é suposto que aconteça quando uma pessoa responde a um item, seja anunciado como um resultado “provável” (WRIGHT e LINACRE, 1989). Seus modelos são, portanto, probabilísticos.

O modelo *Rasch* mais básico e mais conhecido é aquele para dados dicotômicos, isto é, dados com apenas duas categorias de resultados (certo/errado, presente/ausente, sucesso/fracasso, sim/não, etc). Uma vez que tal modelo foi aplicado nessa pesquisa ele será descrito em mais detalhes para mostrar as propriedades dos modelos *Rasch* que conferem a eles o caráter de modelos para mensuração.

Os dados a serem analisados pelos modelos da família *Rasch*, em geral são organizados em uma matriz composta por fatores de pessoas e itens. As entradas de tal matriz são resultados (X_{ni}) da interação de uma série de pessoas com uma série de itens. No caso de dados dicotômicos, X_{ni} só pode assumir um dos dois valores, 0 (para erro, fracasso ou não, etc) ou 1 (para acerto, sucesso ou sim, etc).

O modelo dicotômico é uma função logística simples com dois tipos de parâmetros:

$$P(X_{ni} = 1) = \frac{e^{\beta_n - \theta_i}}{1 + e^{\beta_n - \theta_i}} \quad (4.1)$$

Na equação 4.1, X_{ni} é uma variável aleatória indicando o resultado da interação da pessoa n com o item i ; β_n é o parâmetro da pessoa (objeto); e θ_i o parâmetro do item (agente).

Observe que as relações entre os itens e as pessoas que produzem uma matriz de resultados são fundamentais no modelo: a probabilidade de sucesso no item, $P(X=1)$, é uma função da diferença entre o parâmetro da pessoa (β_n) e o parâmetro do item (θ_i). Se essa diferença for positiva ($\beta_n > \theta_i$), a probabilidade de acerto será maior que 0,5; se for negativa ($\beta_n < \theta_i$), será menor que 0,5; e, se for igual a zero ($\beta_n = \theta_i$), a probabilidade será igual a 0,5. Dentro de uma mesma escala o modelo diz que uma pessoa com maior “habilidade” terá maior probabilidade de acertar o item e uma pessoa de menor “habilidade” terá menor probabilidade de acertar o mesmo item. Rasch (1977) então associou aos parâmetros qualidades da pessoa e do item: o parâmetro da pessoa indica o “grau de habilidade” da pessoa e o parâmetro do item o “grau de dificuldade” do item.

A função da equação (1) apresenta a forma representada graficamente na **Figura 4.1**. Essa é denominada Curva Característica do Item (CCI). A CCI representa a probabilidade de sucesso (responder ao item corretamente) numa escala contínua de proficiência (habilidade).

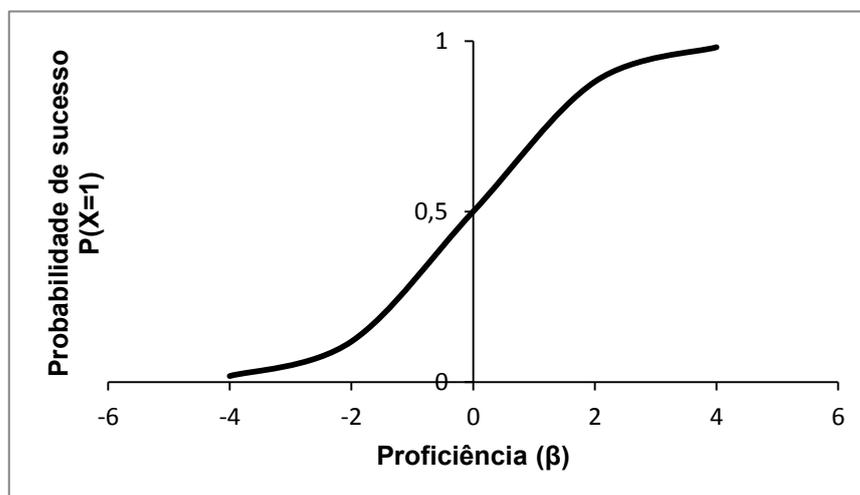


Figura 4.1 – Curva Característica do Item – CCI.

O valor estimado da dificuldade do item corresponde ao valor da proficiência que proporciona uma probabilidade de sucesso igual a 0,5. Ambos os parâmetros, a habilidade da pessoa e a dificuldade do item, estão numa mesma escala cuja unidade chama-se *logit*. É a partir dessas curvas que se faz a análise da invariância

do item, bem como do teste em relação a diferentes grupos e a diferentes ocasiões de medida.

Rearranjando a equação (1) obtém-se:

$$\ln \left[\frac{p}{1-p} \right] = \beta_n - \theta_i \quad (4.2)$$

Essa nos diz que a chance real⁹ (*odds*¹⁰, em inglês) de sucesso da pessoa sobre o item depende da diferença entre a habilidade da pessoa e a dificuldade do item.

O princípio dos modelos *Rasch* é a *objetividade específica* (MEAD, 2008). Tal objetividade específica advém de outro princípio que é o da possibilidade de separação dos dois conjuntos de parâmetros (das pessoas e dos itens). Esse outro princípio pode ser demonstrado a partir da equação 4.2 da seguinte forma (WU e ADAMS, 2007): escrevendo a equação 4.2 para duas pessoas (dois objetos) com habilidades β_1 e β_2 sobre o mesmo item de dificuldade θ_i , demonstra-se que:

$$\ln \left[\frac{p_1}{1-p_1} \right] - \ln \left[\frac{p_2}{1-p_2} \right] = \beta_1 - \beta_2 \quad (4.3)$$

A diferença entre as chances de acerto do mesmo item entre duas pessoas só depende da habilidade das duas pessoas e independe do parâmetro do item. Rasch (1977) colocou que comparações feitas sob tais circunstâncias dentro de um mesmo quadro de referência, podem ser designadas como “especificamente objetivas”. “Objetivas”, porque o resultado da comparação de duas pessoas independe da escolha do item e também das outras pessoas, isto é, é independente de qualquer outra coisa dentro do quadro de referência, além das duas pessoas que estão sendo comparadas e de seus resultados. “Especificamente”, porque a objetividade dessas comparações é restrita ao quadro de referência em questão.

⁹ A chance real de acerto é dada pela divisão da probabilidade de acerto pela probabilidade de erro.

¹⁰ Essa é a razão pela qual a unidade da escala para habilidade da pessoa e dificuldade do item é conhecida por logits (contração de log odds unit)

O mesmo princípio pode ser aplicado à comparação de dois itens para uma mesma pessoa. Mas em casos em que a objetividade específica mantém-se para a comparação das pessoas, pode não necessariamente manter-se para comparações entre itens, embora os dois freqüentemente apresentem-se simultaneamente (RASCH, 1977). Essa propriedade está de acordo com um dos requerimentos da mensuração mencionado por Mead (2008, p. 6, tradução nossa): “A calibração dos agentes deve ser independente dos objetos usados e a mensuração dos objetos deve ser independente dos agentes usados, sobre uma extensão útil.”

Devido à independência entre os parâmetros, existe uma estatística suficiente nos modelos *Rasch*. Isto significa que basta dispormos dos escores totais das pessoas para conseguirmos boas estimativas não enviesadas dos parâmetros das pessoas. Da mesma forma, basta termos os escores totais dos itens (percentual de acerto dos itens) para obtermos boas estimativas não enviesadas das dificuldades dos itens.

O tratamento *Rasch* consiste em ajustar os dados ao modelo que é fixo. Se os dados não se ajustam apropriadamente, em vez de incluir novos parâmetros, os dados devem ser reexaminados. O instrumento (os itens) deve ser o objeto principal de revisão, uma vez que não se pode controlar a qualidade dos objetos nem os resultados gerados pela interação dos mesmos com os agentes. Portanto, quando os dados se ajustam ao modelo é certo que o instrumento de medida, a escala construída, é unidimensional de uma maneira suficiente para os propósitos da pesquisa e invariante para diferentes grupos de pessoas e distintas ocasiões de mensuração. Desta forma, os valores estimados para as habilidades das pessoas são válidos de maneira que as análises estatísticas subseqüentes dêem resultados que possam ser interpretados.

Os modelos *Rasch* são usados, particularmente, em *psicometria* que é o campo de estudo preocupado com a teoria e a técnica da mensuração psicológica e educacional, mas vêm sendo aplicados também em outras áreas como, por exemplo, na saúde (HAGQUIST, 2001; HAGQUIST e ANDRICH, 2004; CHACHAMOVICH, 2007) com ênfase na aplicação de modelos para dados politômicos (com várias categorias de respostas) e multidimensionais que são extensões do modelo dicotômico e unidimensional.

Borges e Mendes (2010) usaram o modelo *Rasch* para validar o “Questionário sobre Interesse Pessoal por Temas de Estudo”, uma tradução e adaptação do “Study Interest Questionnaire” para o contexto brasileiro aplicado à área de Biologia. Borges e Coelho (2010) aplicaram o modelo *Rasch* para dados dicotômicos na construção de uma escala para analisar o entendimento conceitual de estudantes do ensino médio em Física. Em pesquisas recentes o modelamento *Rasch* foi usado no tratamento dos dados para estudos longitudinais sobre o desenvolvimento da aprendizagem de estudantes de engenharia (MAIA, 2010) e sobre a evolução da competência em física a partir de avaliações escolares ordinárias de estudantes do ensino médio (MARINHO, 2010).

Devido à natureza do construto a ser investigado optou-se por usar nessa pesquisa o modelo *Rasch* para dados dicotômicos para construção da escala de medida para a habilidade técnica da titulação.

II. ANÁLISE FATORIAL

A análise fatorial compreende vários procedimentos estatísticos que usam análise multivariada e álgebra matricial. Esse tipo de análise multivariada tem como objetivo expressar um grande número de variáveis empíricas observáveis em um pequeno número de variáveis hipotéticas não observáveis denominadas fatores. Isso é realizado a partir da identificação de padrões de correlação no grupo de variáveis empíricas: um grupo de variáveis altamente correlacionadas entre si constituem um fator.

Esse método é amplamente usado em psicometria para validar testes psicológicos (DANCEY e REIDY, 2006). Tais testes são constituídos de itens ou questões que visam mensurar um ou mais construtos, como, por exemplo, inteligência ou tipos de motivação, quando aplicados a uma população qualquer. No caso de testes para mensurar mais de um construto normalmente os itens são agrupados de modo que cada grupo de itens deve mensurar apenas um construto. Então as respostas aos itens pertencentes ao mesmo grupo devem estar altamente correlacionadas entre si para que o teste seja considerado válido. A análise fatorial dos dados obtidos pela

aplicação do teste a uma amostra permite confirmar se o teste funciona como previsto na sua construção, validando o teste para ser aplicado em outras amostras.

O programa estatístico primeiramente gera a matriz de correlação entre as variáveis e depois extrai os fatores calculando os coeficientes de correlação entre os fatores e os itens, que são denominados cargas fatoriais. O ideal é que cada item apresente carga fatorial em apenas um fator. No entanto, nem sempre esse é o caso, então a análise das cargas fatoriais geradas é realizada agrupando-se os itens que apresentam valores absolutos mais altos em cada fator. O critério para decidir quais cargas fatoriais são significativas geralmente é arbitrário, mas o recomendado é considerar valores iguais ou maiores que 0,4, independente do sinal (HAIR, 2009) como significativos.

Considere um exemplo hipotético de resultado como mostrado na **Tabela 4.1** para um teste contendo quatro itens onde foram extraídos dois fatores. As cargas fatoriais consideradas significativas estão em negrito. O sinal da carga indica o sentido da correlação, se é positiva, quando o aumento de uma variável está relacionado ao aumento da outra ou se é negativa, quando o aumento de uma variável está relacionado à diminuição da outra. O valor absoluto é que indica a força do relacionamento entre as variáveis. Além das cargas fatoriais a tabela também mostra ainda duas colunas adicionais. A coluna da **comunalidade** mostra a proporção da variância de cada variável explicada pelos dois fatores e a coluna da **comunalidade retida** mostra a proporção da variância explicada pelo fator no qual a variável possui a maior carga. Interpreta-se do seguinte modo para o item 01: o fator 1 explica 81% dos 82% da variância explicada do item 01. O teste do exemplo hipotético, portanto pode ser considerado válido para mensurar os dois construtos (fator 1 e fator 2).

Tabela 4.1 – Cargas fatoriais hipotéticas para um teste hipotético com 4 itens

Itens	Fator 1	Fator 2	Comunalidade	Comunalidade retida
01	0,90	- 0,10	0,82	0,81
02	0,80	0,20	0,68	0,64
03	0,20	0,80	0,68	0,64
04	- 0,10	0,80	0,65	0,64

Cabe ao pesquisador escolher o número de fatores a ser extraído e quais serão mantidos com base tanto em critérios estatísticos, quanto substantivos. Ele pode testar seus dados variando o número de fatores e escolher aquele que fornece o melhor resultado.

III. ANÁLISE LONGITUDINAL E MODELO MULTINÍVEL PARA MUDANÇA.

III. 1. Características necessárias a um estudo de natureza longitudinal.

Estudos longitudinais são os mais apropriados para investigar mudanças com o tempo. A aprendizagem, concebida como um processo de desenvolvimento conceitual e de habilidades é um processo de mudança educacional e pode ser estudada em estudos longitudinais de curta ou longa duração, segundo o foco da pesquisa. Nessa perspectiva foi estudado o desenvolvimento do entendimento sobre a física e tecnologia de televisores entre estudantes de ensino médio (AMANTES, 2009), o desenvolvimento da competência em cálculo estrutural entre estudantes de engenharia civil (MAIA, 2010) e a evolução da competência em física entre estudantes do ensino médio (MARINHO, 2010).

Singer e Willett (2003) apontam duas perguntas centrais que podem ser respondidas por estudos longitudinais, a primeira é sobre como cada indivíduo muda com o tempo e a segunda é sobre que fatores podem explicar as diferenças entre as trajetórias individuais de mudança. Por exemplo, para o caso presente, as perguntas, cujas respostas se buscam, são: (1) Como a habilidade técnica de titulação de cada estudante muda da primeira aula até a terceira aula em que se abordou a técnica? (2) Fatores como conhecimento prévio, gênero, subturma e motivação são capazes de predizer as diferenças entre os estudantes em suas trajetórias de mudança da habilidade técnica de titulação?

Como postulado por Singer e Willett (2003), a primeira pergunta é analisada por um modelo de regressão da variável dependente em função do tempo, conhecido como modelo de *nível 1*. O objetivo deste modelo é descrever a forma da trajetória de mudança de cada indivíduo. No segundo passo da análise da mudança, para

responder a segunda pergunta, usa-se o modelo de *nível 2*, que é um modelo de regressão dos coeficientes do modelo de *nível 1* em função dos fatores considerados preditores. Tal análise tem como objetivo detectar as diferenças entre as trajetórias de mudanças dos indivíduos e determinar a relação entre os preditores e a forma da trajetória de mudança individual. Os modelos de nível 1 e de nível 2 estão conectados e juntos constituem um *modelo multinível para mudança* (SINGER e WILLETT, 2003) que será descrito com mais detalhes no próximo item..

O objetivo da presente pesquisa foi estudar a evolução do desempenho dos estudantes de um curso técnico em Química na habilidade técnica de titulação com a prática durante um tempo relativamente curto que é o tempo no qual o procedimento geral da técnica é ensinado. Tal estudo caracteriza-se por ser um estudo de mudança educacional e foi desenvolvido usando a metodologia para estudos longitudinais uma vez que atende aos seguintes requisitos: apresentar três ou mais ondas de dados; apresentar uma variável dependente cujos valores mudam de modo sistemático com o tempo; e possuir uma métrica sensível para o tempo (SINGER e WILLETT, 2003).

O número de ocasiões de medida (ondas de dados) pode determinar o quão sofisticado deverá ser o modelo estatístico que se ajusta aos dados (SINGER e WILLETT, 2003). Por exemplo, três ondas de dados só permitem ajustar modelos mais simples e assumir que a mudança individual é linear com o tempo. Na presente pesquisa foram coletados dados de três ocasiões, portanto, obtendo-se três ondas de dados o que restringe o modelo de crescimento a ser linear.

Singer e Willett (2003) sugerem que se adote uma escala de tempo que esteja mais de acordo com sua variável dependente e sua questão de pesquisa. Por exemplo, no caso de estudos educacionais a unidade de tempo pode ser o número de aulas ou de semanas quando se trata de aulas semanais.

O construto a ser medido deve possuir valores que mudam com o tempo. No caso específico dessa pesquisa o construto é a habilidade técnica de titulação e de acordo com a teoria da aquisição de habilidades postulada por Anderson (1982, 2004), o desempenho de tal habilidade deve melhorar com a prática. Outra

exigência em relação à mensuração do construto é que a escala, a validade e a precisão das medidas sejam preservadas através do tempo (SINGER e WILLETT, 2003). Na presente pesquisa, para garantir essas propriedades das medidas da habilidade técnica, usou-se o modelo *Rasch* para ajustar os dados e construir uma escala que fosse invariante através do tempo.

III. 2. Modelo multinível para mudança

Como dito anteriormente, o modelo estatístico denominado multinível possui dois componentes, o submodelo de *nível 1*, para mudança individual em função do tempo e o submodelo de *nível 2* para heterogeneidade entre indivíduos na mudança. O submodelo de nível 1 representa a mudança que se espera de cada indivíduo da população no construto medido durante o tempo sob estudo. Todas as descrições, explicações e exemplos, daqui em diante, serão relacionados ao presente estudo. O submodelo de nível 1 representa a trajetória de mudança prevista no desempenho da habilidade técnica em função do número de semanas. Em tal caso, como o número de ondas é apenas três, o modelo adotado é aquele em que a habilidade varia linearmente com o tempo e é escrito como:

$$HAB_{ij} = [\pi_{0j} + \pi_{1j} \times TEMPO_{ij}] + [\varepsilon_{ij}] \quad (4.4)$$

Os subscritos j e i identificam o estudante e a ocasião de medida, respectivamente. Os parâmetros π_{0j} e π_{1j} , denominados parâmetros de crescimento individual, na equação 4.4 correspondem respectivamente ao intercepto e à inclinação da *trajetória verdadeira*¹¹ de mudança do estudante j na população que é expressa pela parte dentro do primeiro par de colchetes da equação 4.4. Tais parâmetros, π_{0j} e π_{1j} , são interpretados como, respectivamente, o valor *verdadeiro* da habilidade do estudante j na primeira aula, isto é, na primeira semana de medida ou tempo zero, e a taxa de mudança semanal *verdadeira* da habilidade do estudante j . O termo ε_{ij} , dentro do segundo par de colchetes da equação 4.4, é a parte estocástica do modelo e é interpretado como o erro relacionado à medida da habilidade para o estudante j na ocasião i . Singer e Willet (2003) interpretam tal parte estocástica

¹¹ O termo verdadeiro ou verdadeira refere-se aos valores estimados pelo modelo.

como o resíduo de nível 1, isto é, como a parte do valor da habilidade do estudante j na ocasião i que não é predita pelo tempo. É suposto pelo modelo que os resíduos de nível 1, ε_{ij} , se distribuem normalmente com média zero e com variância σ_ε^2 . Tal suposição é expressa da seguinte forma:

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (4.5)$$

O submodelo de nível 2 sistematiza a relação entre as diferenças nas trajetórias e as características invariantes com o tempo dos estudantes. Por exemplo, para expressar o efeito do gênero na trajetória de mudança representada pela equação 4.4 usa-se o modelo de nível 2 que é escrito da seguinte forma:

$$\pi_{0j} = \beta_{00} + \beta_{01} \times \hat{G\hat{E}N\hat{E}R\hat{O}}_j + \zeta_{0j} \quad (4.6)$$

$$\pi_{1j} = \beta_{10} + \beta_{11} \times \hat{G\hat{E}N\hat{E}R\hat{O}}_j + \zeta_{1j} \quad (4.7)$$

A equação 4.6 expressa o efeito do gênero no intercepto da trajetória, isto é, na habilidade técnica no início do processo de aquisição da mesma e a equação 4.7 expressa o efeito do gênero na inclinação da trajetória, isto é, na taxa de mudança da habilidade com o tempo. Os parâmetros β_{00} , β_{01} , β_{10} e β_{11} são chamados de “efeitos fixos”. Os termos ζ_{0j} e ζ_{1j} representam os resíduos de nível 2, isto é, representam a parte dos valores dos parâmetros π_{0j} e π_{1j} que não é explicada pelos preditores de nível 2 (gênero, conhecimento prévio, motivação e outros). Como o resíduo de nível 1, ambos os resíduos de nível 2, também suposto pelo modelo, obedecem a uma distribuição normal bivariada com média zero, variâncias σ_0^2 , σ_1^2 e covariância σ_{01} . Essas suposições estão representadas pela equação 4.8:

$$\begin{bmatrix} \zeta_{0j} \\ \zeta_{1j} \end{bmatrix} \sim N \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \sigma_0^2 & \sigma_{01} \\ \sigma_{10} & \sigma_1^2 \end{bmatrix} \right). \quad (4.8)$$

A primeira matriz entre os parêntesis da equação 4.8 representa o *vetor média* da distribuição bivariada. Como assumido pelo modelo a média é zero para cada resíduo. A segunda matriz entre os parêntesis é denominada *matriz de covariância*

do erro de nível 2. As variâncias, σ_0^2 e σ_1^2 , formam a diagonal principal da matriz. Fora da diagonal encontra-se a covariância σ_{10} . Uma vez que a covariância entre os resíduos ζ_{0j} e ζ_{1j} é a mesma que entre ζ_{1j} e ζ_{0j} , σ_{10} será igual a σ_{01} .

A partir das equações 4.6 e 4.7 e estabelecendo que o gênero feminino assuma o valor 0 e o masculino o valor 1, observa-se que para o estudante j do gênero feminino o seu status inicial na habilidade técnica (π_{0j}) será igual à média populacional dos interceptos dos estudantes do gênero feminino (β_{00}) acrescentada do valor do resíduo ζ_{0j} (equação 4.9). Quanto à taxa de mudança da habilidade para a estudante (π_{1j}) será igual à média populacional das inclinações (β_{10}) acrescentada do valor do resíduo ζ_{1j} (equação 4.10).

$$\pi_{0j} = \beta_{00} + \zeta_{0j} \quad (4.9)$$

$$\pi_{1j} = \beta_{10} + \zeta_{1j} \quad (4.10)$$

Para o estudante j do gênero masculino tem-se:

$$\pi_{0j} = \beta_{00} + \beta_{01} + \zeta_{0j} \quad (4.11)$$

$$\pi_{1j} = \beta_{10} + \beta_{11} + \zeta_{1j} \quad (4.12)$$

Portanto, a média populacional para o status inicial dos estudantes do gênero masculino é igual a $\beta_{00} + \beta_{01}$, e o parâmetro β_{01} é a diferença entre as médias populacionais do status inicial da habilidade dos estudantes do gênero feminino e masculino. Seguindo o mesmo raciocínio o parâmetro β_{11} representa a diferença entre as médias populacionais das taxas de mudança da habilidade dos estudantes do gênero feminino e masculino.

Os resíduos de nível 2, ζ_{0j} e ζ_{1j} , representam, então, desvios entre os parâmetros de crescimento (π_{0j} e π_{1j}) do estudante j e suas respectivas médias populacionais. Diante disso os valores de suas variâncias (σ_0^2 , σ_1^2), ao longo do ajuste do modelo aos dados expressam quanto da heterogeneidade da *trajetória verdadeira de*

mudança na habilidade técnica está sendo explicada por uma variável preditora e quanto não está.

Geralmente os programas estatísticos usados para modelamento multinível de dados longitudinais, utilizam o modelo composto que é obtido pela substituição dos parâmetros do submodelo de nível 1 (equação 4.4) pelas equações do submodelo de nível 2 (equações 4.6 e 4.7), resultando na seguinte equação:

$$HAB_{ij} = [\beta_{00} + \beta_{10} \times TEMPO_{ij} + \beta_{01} \times GÊNERO_j + \beta_{11}(GÊNERO_j \times TEMPO_{ij})] + [\zeta_{0j} + \zeta_{1j} \times TEMPO_{ij} + \varepsilon_{ij}] \quad (4.13)$$

A primeira parte da equação 4.13, situada dentro do primeiro conjunto de colchetes, corresponde ao componente estrutural do modelo composto e a segunda parte entre colchetes é o componente aleatório, ou seja, o resíduo do modelo composto. Tal resíduo descreve a diferença entre o valor observado e o valor previsto da habilidade para o estudante j na ocasião i e tem sido representado por r_{ij} que designa o resíduo do sujeito j na ocasião i (SINGER e WILLETT, 2003) cujo valor é:

$$r_{ji} = [\zeta_{0j} + \zeta_{1j} \times TEMPO_{ij} + \varepsilon_{ij}] \quad (4.14)$$

III. 3. Estrutura de covariância do resíduo do modelo multinível

Singer e Willet (2003) ao discutirem a estrutura de covariância do resíduo do modelo composto começam por chamar a atenção para o fato de que a forma matemática deste resíduo (equação 4.14) não é uma simples soma. Um dos seus elementos é o produto do resíduo de nível 2, ζ_{1j} , com o preditor de nível 1, o $TEMPO$. Segundo os autores supracitados tal característica impõe ao resíduo composto (r_{ji}) duas propriedades que não são evidentes quando se consideram os resíduos de nível 1 e de nível 2 separadamente. Tais propriedades são a autocorrelação e heterocedasticidade através das ocasiões e dentro da mesma pessoa. O resíduo tem uma dependência do tempo e suas variâncias podem mudar com o tempo. Tais

suposições são mais apropriadas quando se trata de dados longitudinais uma vez que um preditor que afeta o resultado pode estar sendo omitido de modo que seu efeito recairá sobre o resíduo. Isso acarretará uma correlação entre as ocasiões e se o impacto desse preditor muda de ocasião para ocasião a variância do resíduo acompanhará essa mudança (SINGER e WILLETT, 2003).

Pode-se, então, representar as suposições sobre a distribuição dos resíduos para cada pessoa j , considerando um estudo com três ocasiões de medida, da seguinte forma:

$$\begin{bmatrix} r_{j1} \\ r_{j2} \\ r_{j3} \end{bmatrix} \sim N \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \sigma_{r_1}^2 & \sigma_{r_1 r_2} & \sigma_{r_1 r_3} \\ \sigma_{r_2 r_1} & \sigma_{r_2}^2 & \sigma_{r_2 r_3} \\ \sigma_{r_3 r_1} & \sigma_{r_3 r_2} & \sigma_{r_3}^2 \end{bmatrix} \right) \quad (4.15)$$

A segunda matriz entre os parêntesis na equação **4.15** representa a estrutura da covariância dos resíduos da pessoa j nas três ocasiões. Esta é designada submatriz “ Σ_r ” por Singer e Willet (2003). Os elementos da diagonal principal de Σ_r são as variâncias do resíduo r em cada ocasião e os elementos fora da diagonal são as covariâncias residuais. A submatriz Σ_r se repete formando a diagonal principal da grande matriz de covariância de todos os r_{ji} simultaneamente obedecendo a suposição de que os resíduos compostos de todas as pessoas são igualmente heterocedásticos e autocorrelacionados.

Quando se faz um modelamento de dados longitudinais pode-se optar por modelar explicitamente a estrutura de covariância dos resíduos compostos ou não. No primeiro caso os elementos da matriz Σ_r terão seus valores estimados pelo modelo e no segundo caso serão estimados os valores das variâncias dos resíduos de nível 1 e 2 (σ_0^2 , σ_1^2 e σ_ε^2) e a covariância dos resíduos de nível 2, (σ_{01}), estando a estrutura de covariância de r_{ji} implícita. Singer e Willet (2003) denominam o modelo obtido no segundo caso de modelo multinível padrão. Os autores argumentam que:

Para postular um modelo multinível para mudança apropriado, as propriedades impostas ao resíduo composto do modelo – seja implicitamente pelos pressupostos do próprio modelo, ou

explicitamente – devem coincidir com aquelas exigidas pelos dados. (SINGER e WILLETT, 2003, p. 256, tradução nossa)

Singer e Willett (2003) defendem que após ajustar o modelo multinível padrão aos dados deve-se avaliar o efeito de estruturas alternativas de covariância para garantir que o modelo de mudança ajustado tenha as propriedades exigidas pelos resíduos reais. Os autores recomendam seis estruturas de covariância do resíduo para estudos longitudinais que são apresentadas a seguir para um mesmo conjunto de dados obtidos em três ocasiões:

1. Matriz de covariância não estruturada.

$$\Sigma_r = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_2^2 & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_3^2 \end{bmatrix}. \quad (4.16)$$

Como o próprio nome diz essa tem uma estrutura geral. A matriz representada na equação 4.16 tem seis parâmetros desconhecidos: três variâncias ($\sigma_1^2, \sigma_2^2, \sigma_3^2$)¹² e três covariâncias ($\sigma_{21}, \sigma_{31}, \sigma_{32}$). Um problema para o uso dessa estrutura é o número de parâmetros a ser estimado quando as ocasiões de medida são muitas.

2. Matriz de covariância simétrica composta.

$$\Sigma_r = \begin{bmatrix} \sigma^2 + \sigma_1^2 & \sigma_1^2 & \sigma_1^2 \\ \sigma_1^2 & \sigma^2 + \sigma_1^2 & \sigma_1^2 \\ \sigma_1^2 & \sigma_1^2 & \sigma^2 + \sigma_1^2 \end{bmatrix}. \quad (4.17)$$

Essa estrutura requer a estimativa de apenas dois parâmetros designados como σ^2 e σ_1^2 . Observa-se que os elementos na diagonal são homocedásticos (as variâncias são iguais, $\sigma^2 + \sigma_1^2$) através das ocasiões e que as covariâncias dos resíduos é a mesma independente do tempo ao qual elas estão associadas. Essa estrutura é

¹² É preciso ressaltar que nesse texto algumas vezes usa-se o mesmo símbolo para representar diferentes parâmetros.

comum para dados longitudinais especialmente quando há muito pouca variação nas inclinações das trajetórias de mudança entre as pessoas (SINGER e WILLETT, 2003).

3. Matriz de covariância simétrica composta heterogênea.

$$\Sigma_r = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_1\sigma_2\rho & \sigma_1\sigma_3\rho \\ \sigma_2\sigma_1\rho & \sigma_2^2 & \sigma_2\sigma_3\rho \\ \sigma_3\sigma_1\rho & \sigma_3\sigma_2\rho & \sigma_3^2 \end{bmatrix} \quad (4.18)$$

As variâncias na diagonal principal são heterocedásticas através das ocasiões de medida e as covariâncias são o produto dos desvios padrões dos erros correspondentes e uma parâmetro de autocorrelação do erro (ρ) que pode assumir um valor menor ou igual a 1.

4. Matriz de covariância autoregressiva.

$$\Sigma_r = \begin{bmatrix} \sigma^2 & \sigma^2\rho & \sigma^2\rho^2 \\ \sigma^2\rho & \sigma^2 & \sigma^2\rho \\ \sigma^2\rho^2 & \sigma^2\rho & \sigma^2 \end{bmatrix}. \quad (4.19)$$

Nesse caso os elementos da diagonal principal são homocedásticos (σ^2) através das ocasiões de medida e as covariâncias são os produtos da variância residual multiplicada por um parâmetro de autocorrelação do erro (ρ) cujo valor é sempre ≤ 1 . A variância do resíduo é multiplicada por ρ para fornecer a covariância na banda imediatamente abaixo da diagonal principal e por ρ^2 na banda que vem logo abaixo e por ρ^3 se houvesse uma quarta ocasião de medida e assim sucessivamente. Essa matriz é restritiva em relação às magnitudes relativas dos componentes de variância, as covariâncias nas bandas paralelas à diagonal principal são idênticas. O parâmetro de autocorrelação do erro possui um valor fracionado, de modo que a covariância diminui de valor a medida que se afasta da diagonal principal.

5. Matriz de covariância autoregressiva heterogênea

$$\Sigma_r = \begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \sigma_1\sigma_2\rho & \sigma_1\sigma_3\rho^2 \\ \sigma_2\sigma_1\rho & \sigma_2^2 & \sigma_2\sigma_3\rho \\ \sigma_3\sigma_1\rho^2 & \sigma_3\sigma_2\rho & \sigma_3^2 \end{bmatrix} \quad (4.20)$$

Essa seria uma versão mais leve da matriz descrita acima uma vez que as covariâncias numa mesma banda podem adquirir valores diferentes. As variâncias são heterocedásticas através das ocasiões (σ_1^2 , σ_2^2 e σ_3^2) e as covariâncias são obtidas multiplicando-se o parâmetro de autocorrelação (ρ) do erro pelo produto dos desvios padrões relevantes. O valor da covariância também diminui a medida que se afasta da diagonal principal.

6. Matriz de covariância Toeplitz

$$\Sigma_r = \begin{bmatrix} \sigma^2 & \sigma_1 & \sigma_2 \\ \sigma_1 & \sigma^2 & \sigma_1 \\ \sigma_2 & \sigma_1 & \sigma^2 \end{bmatrix} \quad (4.21)$$

Essa matriz possui uma estrutura similar a matriz autoregressiva na qual as variâncias são homocedásticas através das ocasiões e os valores assumidos pelas covariâncias são os mesmos ao longo de uma banda. No entanto, as covariâncias não são obrigatoriamente relacionadas às variâncias da diagonal principal.

Modelar as estruturas de covariância do modelo multinível raramente afeta as estimativas dos parâmetros fixos, mas pode afetar a precisão das estimativas. Portanto é interessante testar as diversas estruturas de covariância mencionadas. Além disso, o modelamento da estrutura de covariância do resíduo composto permite que haja convergência quando a mesma não acontece no ajuste do modelo multinível padrão em que a estrutura de covariância dos resíduos está implícita.

III. 4. Ajustes dos modelos multinível para mudança.

O processo de ajuste do modelo multinível para mudança não necessariamente é um processo direto. Em tal processo, utilizando um programa estatístico apropriado, os preditores são adicionados ou removidos do modelo buscando-se o melhor

ajuste. O ajuste do novo modelo em relação ao anterior após adição de uma variável independente é, geralmente, testado das seguintes formas:

- 1- Uso da estatística de deviance para modelos aninhados¹³ visto que a diferença entre as deviances de dois modelos aninhados tem uma distribuição qui-quadrada com o número de graus de liberdade igual à diferença entre o número de parâmetros dos dois modelos. Portanto, faz-se um teste qui-quadrado com o valor da diferença entre as deviances dos dois modelos e se o valor de p for menor do que 0,05 o modelo com menor valor da deviance é considerado o que melhor se ajusta.
- 2- Analisar as variâncias dos resíduos de nível 1 e de nível 2 também pode auxiliar a verificar qual modelo melhor se ajusta, uma vez que quando os valores das variâncias diminuem de modo significativo depois da adição do possível preditor significa que este explica bem a variação intrapessoal, no caso da variância de nível 1¹⁴, e interpessoal, no caso da variância de nível 2, nas trajetórias de mudança.
- 3- Outro indicador do ajuste do modelo é se o parâmetro da variável adicionada é significativamente diferente de zero. Para tal faz-se um teste z , dividindo seu valor estimado pelo erro padrão.

Existem dois outros critérios usados para comparar dois modelos em relação ao melhor ajuste quando eles não são aninhados e quando se modela a estrutura de covariância do resíduo: o “Akaike Information Criterion” cuja sigla é AIC e o “Bayesian Information Criterion” cuja sigla é BIC. De acordo com esses critérios o modelo que tiver o menor valor é o melhor ajustado. Raftery (1995) declara que se a diferença entre os valores do AIC e do BIC entre os dois modelos está na faixa de 0 a 2, a evidência de que o de menor valor é o melhor é fraca, se está na faixa de 2 a 6, a evidência é positiva, se está na faixa de 6 a 10, a evidência é forte e se é maior que 10 a evidência é muito forte.

Singer e Willet (2003) sugerem que se inicie o ajuste por dois modelos mais simples antes de incluir os preditores que são considerados substantivos. Ambos permitem

¹³ Modelos são aninhados se um modelo pode ser obtido a partir do outro fixando algum dos parâmetros do modelo como zero.

¹⁴ Considerando o ajuste do modelo multinível padrão.

estabelecer se existe uma variação sistemática na habilidade que deve ser explorada e onde esta variação reside (dentro ou entre os estudantes).

O primeiro deles, chamado *modelo das médias incondicional* está representado pelas equações **4.22** e **4.23**:

$$HAB_{ij} = \pi_{0j} + \varepsilon_{ij} \quad (\text{nível 1}) \quad (4.22)$$

$$\pi_{0j} = \beta_{00} + \zeta_{0j} \quad (\text{nível 2}), \quad (4.23)$$

em que assume-se que

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_{\varepsilon}^2) \text{ e } \zeta_{0j} \sim N(0, \sigma_0^2) \quad (4.24)$$

Note que a distribuição para o resíduo de nível 2 é assumida como univariada uma vez que tem apenas um resíduo, ζ_{0j} .

Tal modelo é, de fato, um modelo de médias. O parâmetro π_{0j} é interpretado como a média *verdadeira* da habilidade para o estudante j de modo que o submodelo de nível 1 diz que o valor da habilidade do estudante j na ocasião i desvia dessa média por ε_{ij} . O parâmetro β_{00} é a média *verdadeira* populacional, e de acordo com o submodelo de nível 2, o resíduo ζ_{0j} avalia a distância entre π_{0j} (média específica do estudante j) e β_{00} (a grande média). A variância do resíduo de nível 1, σ_{ε}^2 , expressa a variação “intrapessoal”, indicando a dispersão dos dados do estudante em torno de sua própria média e, a variância do resíduo de nível 2, σ_0^2 , expressa a variação “interpessoal” que indica a dispersão das médias específicas dos estudantes em torno da grande média. A importância de se ajustar esse modelo primeiro está em estimar essas variâncias que mostram a quantidade de variação que existe em cada nível. Se o valor dessas variâncias for igual a zero indica que não há variabilidade, nem intrapessoal nem interpessoal, que mereça ser explorada, mas se forem significativamente diferentes de zero, significa que há variabilidade que pode ser explicada. Segundo Singer e Willett (2003) esse modelo também serve para avaliar a grandeza relativa das variâncias intrapessoal e interpessoal. Para isso

usa-se o coeficiente de correlação, ρ , que descreve a proporção da variância total ($\sigma_\varepsilon^2 + \sigma_0^2$) que está entre as pessoas:

$$\rho = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_\varepsilon^2 + \sigma_0^2} \quad (4.25)$$

O segundo modelo denominado *modelo de crescimento incondicional*, uma vez que o único preditor é o *TEMPO*, está representado pelas equações 4.25, 4.26 e 4.27:

$$HAB_{ij} = \pi_{0j} + \pi_{1j} \times TEMPO_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (\text{nível 1}) \quad (4.26)$$

$$\pi_{0j} = \beta_{00} + \zeta_{0j} \quad (\text{nível 2}) \quad (4.27)$$

$$\pi_{1j} = \beta_{10} + \zeta_{1j} \quad (\text{nível 2}), \quad (4.28)$$

em que assume-se que

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad \text{e} \quad \begin{bmatrix} \zeta_{0j} \\ \zeta_{1j} \end{bmatrix} \sim N \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \sigma_0^2 & \sigma_{01} \\ \sigma_{10} & \sigma_1^2 \end{bmatrix} \right). \quad (4.29)$$

Os significados dos componentes da variância no *modelo de crescimento incondicional* são diferentes do *modelo das médias incondicional*. No *modelo de crescimento incondicional* o resíduo ε_{ij} não representa o desvio da habilidade do estudante j na ocasião i da média específica do estudante j e sim, representa o desvio em relação a sua trajetória verdadeira de mudança. Portanto nesse modelo o resíduo de nível 1, ε_{ij} , é interpretado de forma diferente daquela do modelo das médias e conseqüentemente sua variância também. A variância do resíduo de nível 1, σ_ε^2 , indica a dispersão dos dados de cada estudante em torno de sua trajetória verdadeira de mudança. As variâncias dos resíduos de nível 2, σ_0^2 e σ_1^2 , indicam a variabilidade entre os estudantes no status inicial e na taxa de mudança, respectivamente, da habilidade. Assim, no caso em que $\sigma_0^2 \neq 0$, significa que há variação entre os estudantes no *status* inicial (interceptos) e quando $\sigma_1^2 \neq 0$, significa que existe variação entre os estudantes na taxa de mudança (inclinações).

Ao fazer o ajuste desses dois modelos primeiro obtêm-se informações sobre se há variação intrapessoal através das ocasiões e se há variação interpessoal no status inicial e na taxa de mudança da trajetória de mudança da habilidade.

Capítulo 5

MÉTODOS

Neste capítulo serão descritos os procedimentos metodológicos realizados para coleta e análise dos dados referentes à habilidade técnica de titulação, bem como o cenário e contexto educacional nos quais os dados foram coletados.

I. PARTICIPANTES E CONTEXTO EDUCACIONAL

Participam dessa pesquisa 35 estudantes, do gênero masculino e feminino na faixa etária de 16 a 19 anos de idade. Todos pertencentes à turma da 2ª série do curso técnico de nível médio em Química, na forma integrada, de uma instituição federal de educação tecnológica. Todos os estudantes concordaram em participar voluntariamente da pesquisa.

Essa turma foi escolhida principalmente por duas razões: 1ª) a turma da 2ª série apresenta pouca experiência em laboratório porque na série anterior cursa apenas uma disciplina de caráter experimental chamada “Introdução a Química Experimental”, na qual são ensinadas apenas as técnicas laboratoriais básicas e normas de segurança de um laboratório de química. Então, técnicas mais complexas, como a titulação, que requerem para sua execução o domínio de técnicas básicas, são desconhecidas para eles. Isso preenche a condição necessária para o estudo do desenvolvimento da habilidade em questão que é a de que a primeira aula sobre a técnica, para a turma, coincida com a primeira ocasião de coleta de dados; 2ª) a pesquisadora é também a professora responsável por ensinar a técnica da titulação para essa turma, o que evita o processo de intervenção e o estranhamento com a turma.

O curso técnico integrado com o ensino médio tem a duração de três anos sendo que as disciplinas da formação especial do currículo estão concentradas na 2ª e 3ª

séries. A grade da 1ª série, como dito anteriormente, contém apenas uma disciplina com atividades em laboratório. Portanto, é na 2ª série que a formação profissional começa a ser prioridade no currículo com quatro disciplinas da formação especial: Físico-química, Química Inorgânica, Química Orgânica e Microbiologia Industrial, somadas às disciplinas de formação geral: Biologia, Educação Física, Física, Geografia, História, Língua Estrangeira (Inglês), Língua Portuguesa e Literatura Brasileira, Matemática, Química e Redação, totalizando 15 disciplinas. Na 3ª série as disciplinas técnicas são de natureza mais aplicada, focadas em ensinar métodos padrões laboratoriais de análise química (Análise Química Quantitativa, Análise Química Instrumental e Química Orgânica Aplicada) e processos industriais (Processos Industriais, Corrosão e Operações Unitárias). Vários dos métodos de análise química ensinados envolvem a técnica de titulação.

O programa das disciplinas técnicas se divide em duas partes, uma chamada “teórica” e outra “prática”. O conteúdo da parte teórica é ministrado em sala de aula convencional enquanto o da parte prática é ministrado no laboratório. Para as aulas de laboratório a turma é dividida em três subturmas, com aproximadamente o mesmo número de alunos. Isso faz com que o horário da aula não seja o mesmo para todos os estudantes participantes dessa pesquisa, alguns deles assistem a aula no primeiro horário da tarde (13:00 às 14:40), outros no meio da tarde (14:40 às 16:20) e outros no final da tarde (16:40 às 18:20). Essa é uma das variáveis analisadas nessa pesquisa.

O ensino da técnica de titulação tem início na disciplina de Físico-química, no 1º bimestre, tanto nas aulas teóricas quanto nas aulas práticas, mas a professora das aulas teóricas não é a mesma das aulas práticas. A pesquisadora é professora apenas das aulas práticas da disciplina. O tema titulação é abordado nas aulas teóricas no meio do bimestre e nas aulas práticas no final do bimestre. Desse modo, espera-se que os estudantes já conheçam o fundamento teórico da técnica quando a executam pela primeira vez no laboratório.

O programa da disciplina prevê a realização de três sessões de ensino da técnica de titulação em semanas subseqüentes. Na primeira semana eles executam a padronização de uma solução básica com uma solução ácida padrão seguindo o

procedimento descrito em um roteiro. Na segunda semana eles executam a padronização de uma solução ácida com uma solução básica padrão, usando um procedimento descrito por eles e previamente discutido com a professora na aula. E na terceira semana eles executam a determinação do grau de pureza de uma amostra de soda cáustica comercial usando uma solução ácida padronizada. Na terceira ocasião o procedimento a ser seguido é discutido e elaborado pela turma juntamente com a professora. O desempenho dos estudantes ao executarem a técnica é avaliado nas três ocasiões usando uma *lista de verificação (checklist)* elaborada para a técnica de titulação.

II. TAREFA E PRIMEIRA VERSÃO DOS INDICADORES DA HABILIDADE.

A técnica escolhida para ser analisada é a Titulação. Tal técnica é amplamente utilizada para determinar as quantidades de diversas espécies químicas em soluções, como, por exemplo, ácidos e bases. No caso em que a titulação é usada para determinar a concentração exata de uma base em uma solução com uma solução padrão¹⁵ de um ácido ou vice-versa a reação envolvida é uma neutralização (reação de um ácido com uma base). Para isso, por meio de uma bureta, adiciona-se lentamente a solução padrão (em geral) em um recipiente (geralmente um erlenmeyer) contendo a solução problema cuja concentração deseja-se determinar até que se complete a reação. No entanto, fatores como a viragem da cor do indicador ou o estado físico da espécie padrão podem requerer que se adicione a solução problema da bureta à solução do padrão no erlenmeyer. A **Figura 5.1** mostra uma montagem típica de uma titulação e a **Figura 5.2** mostra a posição das mãos esquerda (manipulando a torneira) e direita (manipulando o erlenmeyer) durante a titulação. A partir dos volumes de ambas as soluções que reagem calcula-se a concentração da solução problema. Ao processo no qual se determina a concentração de uma solução titulando-a com uma solução padrão denomina-se *Padronização* da solução.

¹⁵ Solução padrão refere-se a um reagente de concentração conhecida.

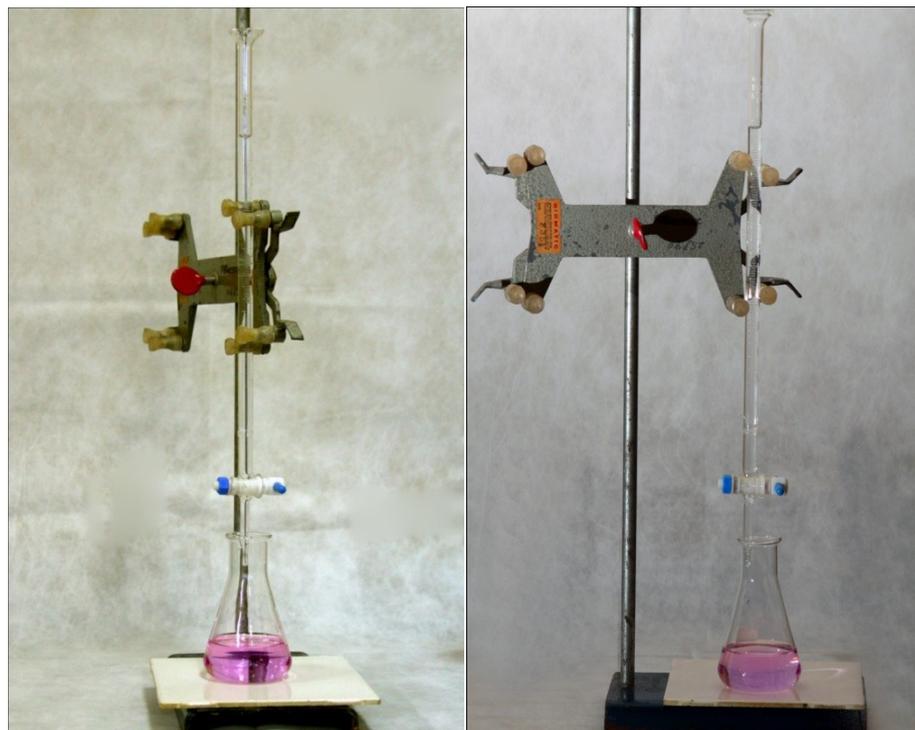


Figura 5.1. Montagem de uma titulação.



Figura 5.2. Posição das mãos na titulação.

A titulação foi escolhida porque tal assunto é introduzido na 2ª série e seu plano de ensino prevê a execução da técnica pelos estudantes em três aulas distintas (cada uma em uma semana), e, além disso, eles a repetirão em várias ocasiões na 3ª série

do curso, o que torna possível realizar um estudo longitudinal da evolução dessa habilidade. Outra razão desta escolha é que a técnica é muito usada na análise química em vários métodos analíticos de referência (JEFFERY *et al*, 1992; HARRIS, 2008; SKOOG *et al*, 2006), fazendo com que sua aprendizagem tenha uma relevância especial para a formação profissional do técnico em Química.

O que se ensina na disciplina de Físico-química é o procedimento básico e geral de uma Titulação e para isso usa-se a titulação por neutralização. A Titulação é um procedimento técnico complexo composto de várias etapas que podem ser agrupadas em 4 fases de execução: preparação da bureta, preparação do erlenmeyer, titulação em si e cálculo do resultado, sendo que não faz diferença a ordem em que as duas primeiras são executadas, podendo-se preparar a bureta primeiro e depois o erlenmeyer ou vice-versa. Cada uma das fases ainda pode ser dividida em várias subtarefas. Os indicadores (itens da lista de verificação) usados para analisar a tarefa são descritos como as subtarefas que constituem os passos do procedimento a ser seguido em cada uma das fases da Titulação. Eles foram construídos com base nos procedimentos descritos na literatura especializada de Análise Química e de técnicas básicas de laboratório (ALEXEEV, 1983; JEFFERY *et al*, 1992; HARRIS, 2008; SKOOG *et al*, 2006, OHLWEILER, 1983). Segue a descrição do procedimento padrão de uma titulação ácido-base que, a princípio, constituiu o sistema de indicadores ou a lista de verificação com respostas do tipo fez/não fez para análise da tarefa.

Procedimento padrão de uma titulação ácido-base:

1. Preparação da bureta

1.1. Transferir a solução que vai para a bureta do frasco ou do balão volumétrico para um béquer.

1.2. Fazer ambiente na bureta com a solução:

1.2.1. Certificar que a torneira está fechada

1.2.2. Verter uma pequena porção (10% do volume total do instrumento¹⁶) da solução do béquer na bureta que deve estar fixada no suporte.

¹⁶ O recomendado é 1/3 do volume que constitui a capacidade do instrumento, no entanto, no curso em questão foi estabelecido que tal volume fosse reduzido para minimizar o resíduo gerado.

- 1.2.3. Tirar a bureta do suporte e segurando-a com as duas mãos numa posição horizontal, fazer movimentos rotatórios de modo que a solução entre em contato com toda a superfície interna da bureta.
- 1.2.4. Com a bureta na posição vertical, fixada no suporte com a torneira à direita do operador, com a mão esquerda abrir a torneira e deixar a solução escoar num recipiente para descarte.
- 1.3. Preenchimento da bureta:
 - 1.3.1. Com a bureta na posição vertical, fixada no suporte e com a torneira fechada, transferir a solução apropriada do béquer para a bureta.
 - 1.3.2. Preencher a bureta com a torneira fechada até um pouco acima do traço de aferição zero.
 - 1.3.3. Aferir o nível da solução em relação ao traço de aferição zero da bureta, colocando o traço de aferição nivelado com os olhos e abrindo a torneira deixando a solução escoar no mesmo béquer com a solução até que a concavidade do menisco tangencie o traço, fechar imediatamente a torneira. Reservar o béquer com a solução para a próxima titulação.
- 1.4. Verificar se ficaram bolhas de ar no interior da bureta, incluindo a ponta. Em caso afirmativo proceder para eliminá-las e zerar a bureta novamente.
2. Preparação do erlenmeyer
 - 2.1. Transferir a solução que será colocada no erlenmeyer do frasco para um béquer.
 - 2.2. Fazer ambiente na pipeta volumétrica com pequena porção da solução (com as duas mãos girar a pipeta de modo que a solução toque em toda a superfície interna da mesma) e descartar esta solução.
 - 2.3. Pipetar o volume exato da solução do béquer com a pipeta volumétrica (técnica de pipetagem: usando a pêra fazer a sucção do líquido até um pouco acima do traço de aferição da pipeta volumétrica, colocando o traço de aferição nivelado com os olhos, deixar a solução escoar lentamente até que a concavidade do menisco tangencie o traço). Parar o escoamento, levar a ponta da pipeta na direção da boca do erlenmeyer e deixar escoar, pressionando o botão de escoamento da pêra, todo o volume da solução dentro do erlenmeyer.
 - 2.4. Adicionar o indicador adequado na quantidade requerida.
3. Procedimento da titulação

- 3.1. Em pé, de frente para a montagem (bureta já com a solução, fixada à garra e ao suporte com a torneira no lado direito do operador e a ponta introduzida cerca de 2 cm na boca do erlenmeyer com a solução, apoiado sobre uma superfície branca na base do suporte), com a mão esquerda, passando-a por trás da bureta, abrir a torneira lentamente de modo que o escoamento do líquido seja gota a gota e segurando o erlenmeyer com a mão direita, fazer movimentos circulares com o mesmo à medida que as gotas saídas da bureta tocam a sua solução, homogeneizando-a.
- 3.2. Controlar o escoamento da solução da bureta mantendo a mão esquerda na torneira da bureta e o olhar na solução do erlenmeyer. No momento em que a cor da solução do erlenmeyer mudar e persistir por 30 segundos, indicando o ponto final da titulação, fechar a torneira.
- 3.3. Ler o volume gasto da solução da bureta na titulação e anotá-lo no caderno.
- 3.4. Fazer os cálculos necessários para obtenção do resultado requerido (fator de correção da concentração de uma solução, no caso de sua padronização e teor de uma espécie no caso de determinação da quantidade dessa espécie em uma amostra)

O procedimento da titulação descrito na literatura especializada (ALEXEEV, 1983; JEFFERY *et al.*, 1992; HARRIS, 2008; SKOOG *et al.*, 2006, OHLWEILER, 1983) determina que se repita toda a operação três vezes (triplicata) e que os cálculos sejam feitos com a média dos volumes gastos nas três vezes.

III. AMBIENTE E PROCEDIMENTO DA COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DA HABILIDADE.

Todas as observações acontecem no ambiente natural das aulas de laboratório da disciplina. As ações dos estudantes ao realizarem a tarefa são observadas por meio de câmeras filmadoras fixadas em tripés em locais específicos para obter um campo de visão mais fechado sobre um grupo pequeno de estudantes. As filmagens tiveram início duas semanas antes das aulas de Titulação para que os estudantes se acostumassem com a presença das filmadoras dentro do laboratório. O objetivo para proceder às filmagens previamente foi evitar que os estudantes apresentem reações

de constrangimento ou de representação declarada diante das câmeras, durante as aulas que interessam diretamente à pesquisa. Como a pesquisadora também é a professora, durante as filmagens uma terceira pessoa de confiança da pesquisadora se responsabilizou pela colocação e manuseio das câmeras. O uso de gravadores de voz foi evitado porque poderia tirar a espontaneidade dos estudantes ao realizarem a tarefa, assim as falas dos estudantes e da professora são captadas apenas pelo sistema de áudio das filmadoras.

O laboratório é amplo, possui três bancadas centrais e duas laterais com três pias e uma pequena sala onde ficam as balanças. Nas bancadas laterais ficam os equipamentos e as bancadas centrais são usadas pelos estudantes para execução das atividades experimentais. Eles trabalham em duplas, então são formadas, geralmente, seis duplas em cada subturma. A **Figura 5.3** mostra o *lay-out* simplificado de parte do laboratório mostrando a posição das câmeras e das duplas de estudantes nas bancadas centrais.

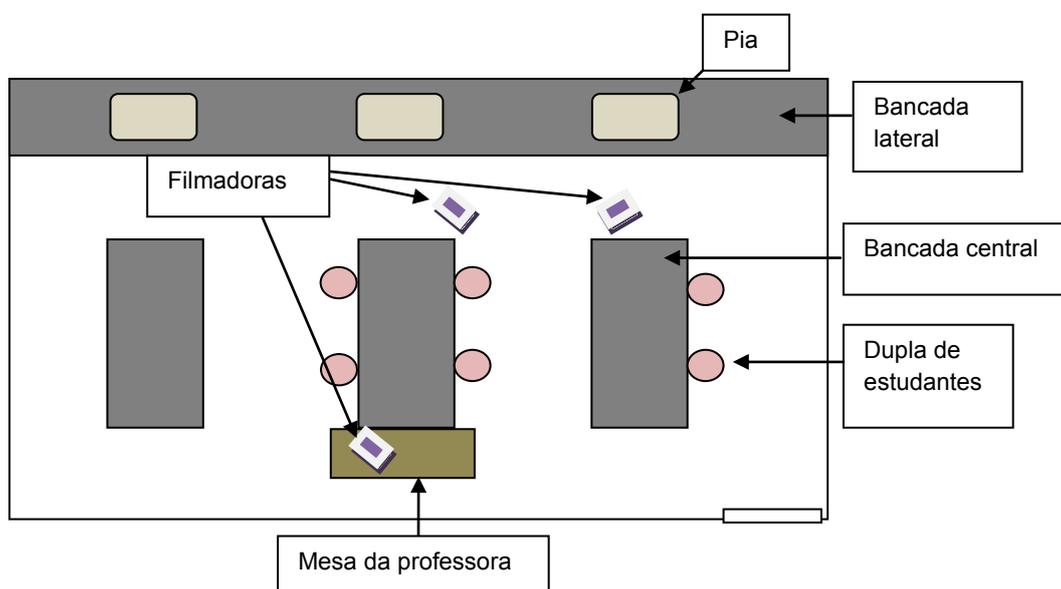


Figura 5.3. *Lay-out* simplificado do laboratório

O ambiente instrucional é organizado de maneira a evitar que os estudantes se desloquem de suas posições nas bancadas ao executarem a titulação. Como os estudantes normalmente realizam as atividades no laboratório em duplas, quando eles executam um procedimento, geralmente, eles dividem as tarefas de modo que

um deles realiza uma etapa e o outro realiza outra etapa do mesmo procedimento. Como o que se pretende é mensurar a habilidade individual é necessário que cada estudante execute todas as etapas do procedimento da titulação individualmente. Para isso eles recebem uma orientação para que nessa atividade, mesmo em dupla, cada um realizará uma titulação completa. Desse modo um estudante da dupla executa todo o procedimento enquanto o outro o assiste e depois eles trocam os papéis, aquele que executou anteriormente assiste e o que assistiu executa o procedimento desde o início.

Coletar os dados da habilidade por meio da filmagem dos estudantes permite que a pesquisadora no momento da aula atue apenas como professora, evitando o olhar e agir como pesquisadora. A intenção é registrar as ações dos estudantes e da professora no cenário natural da aula para obter dados válidos. O registro em vídeo também permite que no momento da análise um mesmo evento possa ser visto várias vezes.

Os vídeos dos estudantes executando a técnica da titulação são analisados por ocasião (dia de aula), por subturma, por estudante e por subtarefa. Isso significa que é analisada a realização da primeira subtarefa para todos os estudantes de uma subturma, naquele dia de aula, e depois da segunda subtarefa e assim sucessivamente até a última. Cada uma delas é um item dicotômico (fez ou não fez da forma como está descrito). Como a análise da execução da técnica pelos estudantes é feita por subtarefas e essas podem mudar na prática, outras podem surgir. Isso significa que os indicadores podem sofrer alterações em função da análise dos vídeos.

Anota-se, então, o escore de cada estudante para cada item como 0 (não fez) ou 1(fez) e monta-se uma matriz desses resultados para cada ocasião. Uma vez que os itens foram construídos esses são ajustados ao modelo *Rasch* usando o programa WINSTEPS® (LINACRE, 2010). Faz-se a equalização *Rasch* das três ocasiões para garantir que a escala é invariante.

IV. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS DE MOTIVAÇÃO.

A motivação dos estudantes é avaliada por meio da aplicação da versão em português do que pretende ser uma transculturação válida da versão para universidade da *Academic Motivation Scale* (AMS) (VALLERAND *et al*, 1992, 1993), elaborada por Sobral (2003). A escala original, bem como a traduzida por Sobral (2003), divide-se em sete subescalas, pois pretende avaliar sete tipos de construtos na perspectiva da teoria da autodeterminação (VALLERAND *et al*, 1992; DECI *et al.*, 1991): três de motivação intrínseca (para saber, para realizar algo e para vivenciar estímulos), três de motivação extrínseca (regulação por identificação, regulação por introjeção, regulação externa) e desmotivação ou ausência de motivação. Ela contém 28 itens (quatro itens por subescala) que são avaliados numa escala categórica de sete pontos. Como a amostra desse estudo é pequena (35 estudantes), optou-se por usar o instrumento traduzido e usado por Sobral (2003) uma vez que já estava validado, e o que se pretende é avaliar a motivação dos estudantes em relação ao curso técnico, que mesmo sendo de nível médio, dará a eles uma formação profissional, de forma similar à formação universitária. Pensando assim, a única modificação feita no instrumento utilizado nessa pesquisa foi substituir a palavra universidade pela sigla da Instituição Federal de Educação Tecnológica onde os estudantes estudam (Anexo). No estudo de Sobral (2003) o instrumento foi aplicado a 269 sujeitos de ambos os sexos. Nessa pesquisa o instrumento é aplicado a 35 sujeitos, uma amostra bem menor, além de ser aplicado ao ensino técnico. Por essa razão pretende-se fazer uma análise fatorial exploratória para verificar se ele retém as propriedades que ele retinha no nível superior antes de usar seus resultados na análise longitudinal do desenvolvimento da habilidade.

V. COLETA DOS DADOS DE CONHECIMENTO GERAL EM QUÍMICA, CONHECIMENTO PRÉVIO E CONHECIMENTO CONCEITUAL.

Os dados relativos ao conhecimento prévio são as notas finais dos estudantes participantes dessa pesquisa na disciplina *Introdução à Química Experimental* (IQE) cursada no 1º ano do curso. Em tal disciplina os estudantes aprendem a usar os instrumentos de medida de volume de líquidos (pipeta, proveta e bureta) e

aprendem também técnicas de transferência de volume de líquidos sendo todos esses procedimentos usados na titulação. Os dados relativos ao conhecimento geral em Química são as notas finais dos estudantes na disciplina de Química cursada no 1º ano do curso e os dados relativos ao conhecimento conceitual são as notas dos estudantes do 1º bimestre da parte teórica da disciplina Físico-química (FQ) cursada juntamente com a parte prática, porque os fundamentos teóricos da titulação são ensinados nesse bimestre. As notas do ano anterior foram disponibilizadas na forma impressa pelo Setor de Registro Escolar da Instituição e as do mesmo ano foram conseguidas por meio do acesso *online* aos diários da professora da parte teórica da disciplina.

VI. ANÁLISE DOS DADOS USANDO O MODELAMENTO MULTINÍVEL PARA MUDANÇA.

Obtidos os valores da variável dependente (medidas da habilidade) e definidas as variáveis independentes (tempo, gênero, subturma, conhecimento geral em Química, conhecimento prévio, conhecimento conceitual e motivação), procede-se ao modelamento dos dados utilizando-se o modelo multinível para mudança com o objetivo de verificar os efeitos dos preditores sobre a aquisição da habilidade técnica de titulação usando programas estatísticos apropriados.

Capítulo 6

ANÁLISE DOS DADOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

I. MENSURAÇÃO DA HABILIDADE TÉCNICA DE TITULAÇÃO

I.1. Análise dos vídeos e construção do Instrumento de Avaliação da Habilidade Técnica de Titulação.

Foram gerados nove vídeos (três por subturma) na primeira e na terceira ocasiões de coleta dos dados com duração de 1 hora e 30 minutos, em média, cada um. Na segunda ocasião usaram-se quatro câmeras obtendo-se um total de doze vídeos (quatro por subturma) com duração, em média, também de 1 hora e 30 minutos. Durante a análise assistiu-se cada vídeo pelo menos duas vezes.

Observou-se que o fato de ter-se iniciado as filmagens duas semanas antes da aula inicial sobre titulação minimizou os efeitos das mesmas sobre o comportamento dos estudantes e da professora, que se mostraram mais espontâneos diante das câmeras inclusive parecendo não prestar atenção a elas na maior parte do tempo.

O tema da primeira aula (primeira semana) e da segunda aula (terceira semana) sobre titulação foi “Padronização de soluções”. Em ambas as aulas os estudantes já encontraram todo o material necessário para realização da atividade prática sobre a bancada. O tema da terceira aula (quarta semana) foi a determinação do teor de base da soda cáustica comercial. Nesta os estudantes não encontraram todo o material necessário para realização da titulação sobre a bancada cabendo a eles escolher os materiais e organizá-los na bancada.

A seguir são descritos os aspectos qualitativos observados que foram considerados relevantes para a interpretação e discussão dos resultados.

A primeira aula com as três subturmas iniciou com a professora explicando o que é padronizar uma solução e que a técnica da titulação serve a tal fim. A professora entregou um roteiro com o procedimento da titulação escrito para cada estudante. Alguns estudantes liam o roteiro durante a execução da titulação, mas a maioria não o fez se valendo da explanação da professora e da ajuda dos colegas para saber o que fazer. Ela explicou os conceitos de padrão primário e secundário e o fundamento teórico da titulação por neutralização. A professora ainda especificou as principais vidrarias e os instrumentos de medida que seriam usados e qual a finalidade de cada um na titulação e explicou o procedimento a ser executado. Também fez um tipo de simulação, com as vidrarias, mas sem as soluções, sobre como executar a titulação. Com a execução da tarefa em andamento a professora deu algumas instruções que não foram dadas antes do início da execução da tarefa.

Durante a execução da tarefa observou-se, a partir do comportamento e atitude dos estudantes, três tipos de comportamento: um em que o estudante mostrava certa desenvoltura ao executar a titulação mostrando ter pouca dificuldade para manipular os materiais envolvidos na tarefa; no outro extremo, tinha o estudante que mostrava bastante dificuldade em lidar com os materiais e com a técnica em si, precisando de orientação todo o tempo sobre como manipular as vidrarias e outros materiais utilizados na execução dos procedimentos demonstrando pouca desenvoltura, “uma falta de jeito” para executar as ações necessárias; e um terceiro tipo em que o estudante não conhecia os procedimentos relativos a tarefa mas não mostrava dificuldades em manipular os materiais do laboratório. Mesmo aqueles que mostravam certa desenvoltura na manipulação dos materiais cometiam erros de técnica indicando que não há uma correlação direta entre ter desenvoltura na execução da tarefa e executá-la corretamente.

No início da segunda aula, a professora solicitou aos estudantes, antes de iniciar a realização da tarefa, que escrevessem o procedimento da titulação sem consultar suas anotações e o roteiro distribuído na primeira aula. Os procedimentos descritos foram então discutidos por toda a turma juntamente com a professora até que se obtivesse o procedimento padrão a ser seguido por todos, mas não na forma escrita por que a professora recolheu todos os roteiros escritos pelos estudantes sem as devidas modificações. A professora também chamou a atenção para um aspecto

que não foi colocado na primeira aula que foi a escolha do volume a ser medido da solução que devia ser colocada no erlenmeyer. Nessa aula todos os estudantes realizaram a titulação ao mesmo tempo.

Para a terceira aula sobre titulação a professora apresentou a proposta da atividade (determinar o teor de hidróxido em uma amostra de soda cáustica comercial por titulação usando uma solução padrão de hidrogenoftalato de potássio). Nesta ocasião os estudantes trabalharam como na primeira ocasião, em duplas, e cada dupla teve que pensar no procedimento global a ser realizado e selecionar as vidrarias necessárias. Nas bancadas estavam apenas as buretas de 25 mL. As demais vidrarias os estudantes buscaram no armário de vidrarias. Juntamente com a professora a turma discutiu o modo de fazer, incluindo o preparo da solução da amostra. Eles foram instruídos a realizar a titulação em triplicata, sendo a primeira realizada por um dos estudantes da dupla, a segunda pelo outro(a) estudante da dupla e a terceira eles ficaram livres para escolher quem iria fazer. Tal ocasião teve um diferencial em relação às outras quanto ao tempo e volume gasto da solução básica, que era maior, para se chegar ao ponto final da titulação. Isso trouxe um pouco de insegurança aos estudantes quando realizando a tarefa uma vez que pensavam que não estava “dando certo”.

Observou-se, nas três ocasiões, que a professora não conseguiu atender a todos os estudantes enquanto estavam realizando as atividades. Alguns estudantes requisitavam apenas a ajuda da professora e outros preferiram pedir ajuda aos colegas. Observou-se, em vários momentos, que um estudante chamava a professora e ela não atendia no momento em que era chamada porque estava ou ocupada com outro estudante ou resolvendo algum problema da prática (laboratório) como pegar frascos, e outros materiais. Ela não acompanhou de perto o trabalho de todos os estudantes, deixando de ver e corrigir vários erros cometidos por alguns deles durante a realização da titulação.

Outra observação qualitativa diz respeito ao comportamento geral dos alunos nas três ocasiões. Notou-se que na 3ª ocasião, em todas as subturmas, os estudantes conversaram muito uns com os outros sobre assuntos não relacionados à atividade

o que foi diferente das aulas anteriores (1ª e 2ª ocasião) em que eles conversaram menos uns com os outros e, quando o fizeram, o assunto era a atividade que eles estavam realizando.

Na primeira e terceira ocasiões os estudantes trabalharam em duplas e isso fez com que alguns estudantes não executassem, pelo menos, uma parte do procedimento da titulação. O procedimento padrão recomenda que se faça triplicata das titulações, mas a professora orientou os estudantes para que procedessem à operação apenas duas vezes devido à limitação do tempo. Foi estabelecido que um membro da dupla realizaria a primeira titulação enquanto o outro assistiria e depois o procedimento repetir-se-ia de maneira inversa, na qual o estudante que assistiu a primeira titulação executaria a segunda titulação. Os cálculos seriam feitos com os valores dos volumes obtidos pela dupla. Mesmo assim alguns estudantes, na sua vez de executar o procedimento, deixaram o colega executar por ele ou aconteceu que um estudante se antecipava e executava no lugar de seu colega. Isso gerou alguns dados faltantes nessas ocasiões. Apenas um estudante deixou o colega executar tudo por ele. Na segunda ocasião os estudantes trabalharam sozinhos, cada um fazendo duas titulações, mas somente a primeira foi considerada na análise, uma vez que essa era a primeira vez que o estudante realizava a titulação após a primeira aula e o que se queria era avaliar seu desempenho após a primeira aula sobre a técnica.

Os vídeos dos estudantes executando a técnica da titulação foram analisados por ocasião (dia de aula), por subturma, por estudante e por subtarefa. Isso significa que foi analisada a realização da primeira subtarefa para todos os estudantes de uma subturma, naquele dia de aula, e depois da segunda subtarefa e assim sucessivamente até a última.

Na primeira ocasião faltaram os dados de quatro estudantes devido a problemas com uma filmadora. Também nessa ocasião um estudante não realizou a atividade e dois estudantes não executaram o procedimento de preparação do erlenmeyer porque seus parceiros na atividade executaram em seus lugares. Na terceira ocasião também ficaram faltando os dados de dois estudantes, um do procedimento de preparação da bureta e outro do procedimento de preparação do erlenmeyer

porque seus parceiros na atividade realizaram as subtarefas por eles. Também não foi filmada a realização dos cálculos de 25 estudantes na terceira ocasião (aula). Isso ocorreu porque o tempo que os estudantes levaram para realizar toda a atividade excedeu o tempo de gravação das fitas, não sendo possível fazer a reposição das mesmas a tempo. Assim, as respostas dos 25 estudantes ficaram faltando nessa ocasião.

Com exceção de dois estudantes cujos dados não foram coletados em duas ocasiões, decidiu-se manter os estudantes com dados faltantes da primeira ocasião porque seus dados foram coletados nas duas ocasiões seguintes. Outros estudantes com poucos dados faltantes não foram excluídos porque os modelos estatísticos usados para análise dos dados admitem dados faltantes.

Alguns indicadores previamente descritos sofreram alterações a partir da observação dos vídeos resultando num sistema de indicadores mais condizente com a realidade da aula de laboratório. Por exemplo, nas descrições das subtarefas antecipadas pela teoria não havia menção ao uso de vidraria limpa ou não, uma vez que essa é uma condição que está implícita para a execução de qualquer técnica de análise química. Mas, ao ver que na realização de algumas subtarefas alguns estudantes usaram vidraria contaminada ou suja, decidiu-se por acrescentar essa observação nos indicadores referentes àquelas subtarefas.

Além disso, alguns indicadores tiveram que ser divididos para que pudessem ser analisados como dicotômicos, como no caso da subtarefa descrita como: “com a bureta na posição vertical, fixada no suporte e com a torneira fechada, transferir a solução apropriada do béquer para a bureta”. Essa teve que ser dividida em 3 subtarefas resultando em três indicadores: “Verteu a solução básica contida em um béquer previamente limpo e seco, deste para a bureta”, “Durante o preenchimento a bureta estava fixada no suporte” e “Durante o preenchimento a bureta estava com a torneira fechada”.

Alguns indicadores foram acrescentados durante a análise dos vídeos, como, por exemplo, “Colocou a ponta da bureta introduzida cerca de 2 cm no erlenmeyer” porque somente assistindo os vídeos percebeu-se a importância desse indicador

devido a diferenças observadas entre os estudantes na realização dessa subtarefa. Outros foram excluídos por apresentar detalhes da ação que não foram captadas nas filmagens para todos os alunos, como detalhes do procedimento de fazer ambiente na bureta e na pipeta porque os alunos se deslocavam da bancada e iam até a pia ficando de costas para a câmera.

A descrição das subtarefas também mudou, com a intenção de torná-la mais objetiva e mais apropriada para a situação filmada. Por exemplo, a subtarefa de “Fazer os cálculos necessários para obtenção do resultado requerido” mudou para “Efetuou os cálculos sozinho(a) sem ajuda” que pareceu mais indicado para avaliar a realização dessa subtarefa pelo estudante além de ficar mais clara a sua observação no vídeo. Quando o estudante perguntava ao colega ou à professora alguma coisa sobre como fazer os cálculos, sua resposta era registrada como um “não” para esse indicador. A realização dos cálculos sem ajuda foi considerada um indicador de que naquela ocasião o estudante sabia como realizá-los.

As modificações descritas foram consideradas necessárias para tornar a análise dos vídeos mais objetiva e o registro dos resultados dessa análise mais exato. Sempre que um indicador tinha sua descrição alterada todos os vídeos vistos até aquele momento eram revistos para observar novamente cada aluno na execução daquela subtarefa.

Obteve-se assim um instrumento do tipo *checklist* contendo 26 itens (**Quadro 6.1**) para avaliar a habilidade técnica em titulação dos estudantes nas três ocasiões (semana de aula) em que eles executaram a titulação como atividade de aula prática.

As respostas (1 para sim e 0 para não) dos 33 estudantes aos 26 itens relativos ao procedimento de titulação, em três ocasiões distintas e seqüenciais de aula prática, foram registradas e organizadas na forma de matriz. A soma dos resultados dos 26 itens para cada estudante constituiu seu score bruto do desempenho na execução da técnica de titulação naquela ocasião.

Quadro 6.1. Instrumento de Avaliação da Habilidade Técnica de Titulação.

Item	1ª fase - Preparação da bureta	Sim	Não
01	Fez ambiente na bureta com a solução básica		
02	Verteu a solução básica contida em um béquer previamente limpo e seco, deste para a bureta.		
03	Durante o preenchimento a bureta estava fixada no suporte		
04	Durante o preenchimento a bureta estava com a torneira fechada		
05	Preencheu a bureta até um pouco acima do traço de aferição zero e deixou escoar até o zero preenchendo a ponta de primeira		
06	Usou somente a mão esquerda, passando os quatro dedos por trás e o polegar pela frente da bureta, para abrir e fechar a torneira da bureta.		
07	Durante a aferição do menisco com o traço zero da bureta (escoamento da solução da bureta para o béquer) a ponta da bureta estava introduzida no béquer cerca de 1 cm		
08	Aferiu o nível da solução em relação ao traço de aferição zero da bureta, colocando o traço de aferição nivelado com os olhos.		
09	Verificou se ficaram bolhas de ar no interior da bureta, incluindo a ponta.		
	2ª fase - Preparação do erlenmeyer	Sim	Não
10	Pipetou a solução ácida previamente transferida para um béquer limpo e seco		
11	Fez ambiente na pipeta volumétrica com a solução ácida		
12	Usando a pêra fez a sucção da solução ácida até um pouco acima do traço de aferição da pipeta volumétrica e fez escoar a solução até que a concavidade do menisco tangencie o traço		
13	Aferiu o menisco da solução em relação ao traço de aferição da pipeta, colocando o traço nivelado com os olhos.		
14	Retirou a pipeta da solução do béquer e imediatamente introduziu sua ponta dentro do erlenmeyer limpo e deixou escoar, pressionando o botão de escoamento da pêra, todo o volume medido da solução dentro do erlenmeyer.		
15	Adicionou o indicador à solução do erlenmeyer imediatamente após a adição da solução ácida		
16	Homogeneizou a solução após adicionar o indicador		
	3ª fase – titulação	Sim	Não
17	Realizou a titulação de pé, de frente para a montagem durante todo o procedimento.		
18	Colocou a ponta da bureta introduzida cerca de 2 cm no erlenmeyer		
19	Usou somente a mão esquerda, passando os quatro dedos por trás e o polegar pela frente da bureta, para abrir e fechar a torneira da bureta		
20	Manteve a mão na torneira todo o tempo enquanto estava titulando		
21	Livrou a solução básica da bureta lentamente, gota a gota e continuamente.		
22	Agitou o erlenmeyer com a mão direita de forma contínua à medida que livrava a solução básica da bureta sobre a solução.		
23	Durante todo o tempo da titulação manteve o olhar direcionado para o erlenmeyer		
24	Obteve uma cor indicativa de viragem apropriada no ponto final da titulação.		
25	Leu o volume gasto na bureta corretamente sem apresentar dúvidas.		
	4ª fase - Cálculos para obtenção do resultado final	Sim	Não
26	Efetou os cálculos sozinho(a) sem ajuda		

I. 2. Construção da escala Rasch de medida da habilidade.

Obtidos os dados brutos da habilidade passou-se ao tratamento dos mesmos verificando seu ajuste ao modelo *Rasch* para dados dicotômicos com o intuito de obter uma escala intervalar de medida.

Montou-se a matriz dos resultados para ser analisada pelo programa WINSTEPS® (LINACRE, 2010) organizando os dados das três ocasiões na forma de uma pilha com três camadas sendo a camada superior com os dados da primeira ocasião, a camada intermediária com os dados da segunda ocasião e a camada inferior com os dados da terceira ocasião. A **Figura 6.1** mostra um esquema representando o formato geral dessa matriz.

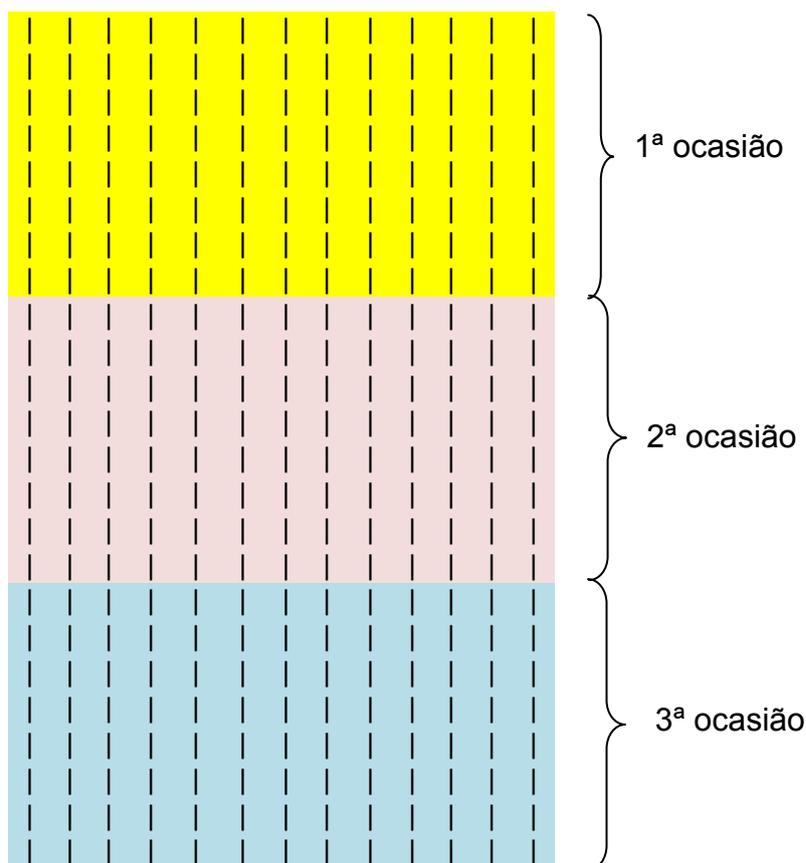


Figura 6.1. Esquema representando o formato da matriz dos dados analisada pelo WINSTEPS® (LINACRE, 2010).

Verificou-se que o teste atende ao requisito da unidimensionalidade do modelo *Rasch* não havendo estrutura nos resíduos das respostas. E a dimensão *Rasch* do teste explica 34,5% da variância nos dados. A primeira vista parece um valor muito baixo, mas o modelo *Rasch* já prediz certa aleatoriedade nos dados, pois ele é um modelo probabilístico e às vezes nos surpreendemos com o quão grande é esta fração da componente aleatória (LINACRE, 2010, p. 317). O máximo de variância explicada predita pelo modelo *Rasch* para dados dicotômicos para um desvio padrão igual a 2 logits para os parâmetros das pessoas e para os dos itens seria cerca de 50% (LINACRE, 2010, p. 317). Os dados obtidos numa primeira análise apresentaram um desvio padrão para as pessoas igual a 0,75 e igual a 1,52 para os itens, correspondendo, aproximadamente, a um máximo de 45% de variância explicável pelo modelo *Rasch*. Portanto, explicar 34,5% corresponde a explicar 76% da variância explicável (45%).

Verificadas as evidências de ajuste ao modelo, e obtidas as medidas estimadas das habilidades dos estudantes e das dificuldades dos itens, a adequação da escala foi analisada, isto é, testou-se a invariância dos itens para as três ocasiões e para diferentes grupos de desempenho em cada ocasião. Tal análise foi realizada graficamente. Primeiramente, para cada ocasião, dividiram-se os estudantes em dois grupos de desempenho com aproximadamente o mesmo número de pessoas, um de baixo e outro de alto desempenho, de acordo com o escore total no teste. Então, foram construídos os gráficos das curvas do teste e dos itens (**Figuras 6.3, 6.4 e 6.5**) com seus respectivos intervalos de confiança. Nesses gráficos foram “plotadas” a localização de cada grupo de desempenho como sendo a média das medidas estimadas das habilidades das pessoas do grupo para cada ocasião e a probabilidade de acerto foi calculada a partir do escore médio empírico do grupo. O intervalo de confiança para desenhar as barras de erro foi calculado a partir da probabilidade empírica de acerto do grupo supondo a distribuição binomial:

$$IC = P \pm t \text{ crítico} \times \sqrt{\frac{P(1-P)}{N}} \quad (6.1)$$

Os intervalos de confiança foram calculados num nível de confiança de 83% como proposto por Goldstein e Healy (1995) para que o critério de qualquer sobreposição

entre eles fosse suficiente para afirmar que as medidas são estatisticamente equivalentes. Dessa forma uma simples inspeção visual dos gráficos obtidos permitiu avaliar o ajuste dos resultados observados aos previstos pelo modelo para cada item e para o teste, indicando se o item e o teste funcionavam igualmente para os dois grupos de desempenho e para as três ocasiões de medida. Se havia superposição entre o intervalo de confiança dos pontos referentes aos grupos e o intervalo de confiança da curva, considerava-se que os resultados empíricos observados se ajustavam aos previstos pelo modelo e que aquele item funcionava igualmente para os dois grupos e para as três ocasiões.

Oito itens apresentaram problemas de ajuste em relação às ocasiões. Esses foram separados por ocasião, por exemplo, para três itens (1, 2 e 7) separaram-se a segunda ocasião da primeira e terceira porque esses apresentaram um nível de dificuldade menor para a segunda ocasião em relação a primeira e a terceira. Para outros três itens (10, 11 e 19) a ocasião separada foi a primeira. O item 25 teve a terceira ocasião separada das outras ocasiões e para o item 24 separou-se as três ocasiões. A **Figura 6.2** mostra de forma esquemática como fica o formato da matriz de dados após a separação dos itens por ocasião.

A **Figura 6.3** mostra a curva para o teste e as **Figuras 6.4** e **6.5** mostram, respectivamente, as curvas de um item bem ajustado e de um com um ajuste não tão bom, mas aceitável. A curva do teste (**Figura 6.3**) indicou um bom ajuste do teste como um todo. Os grupos de alto desempenho nas três ocasiões estão abaixo da curva do item, mas todos estão dentro do intervalo de confiança, isto é, as barras estão superpondo bem, portanto o teste funcionou igualmente para esses grupos. O teste também funcionou igualmente para os grupos de baixo desempenho nas três ocasiões.

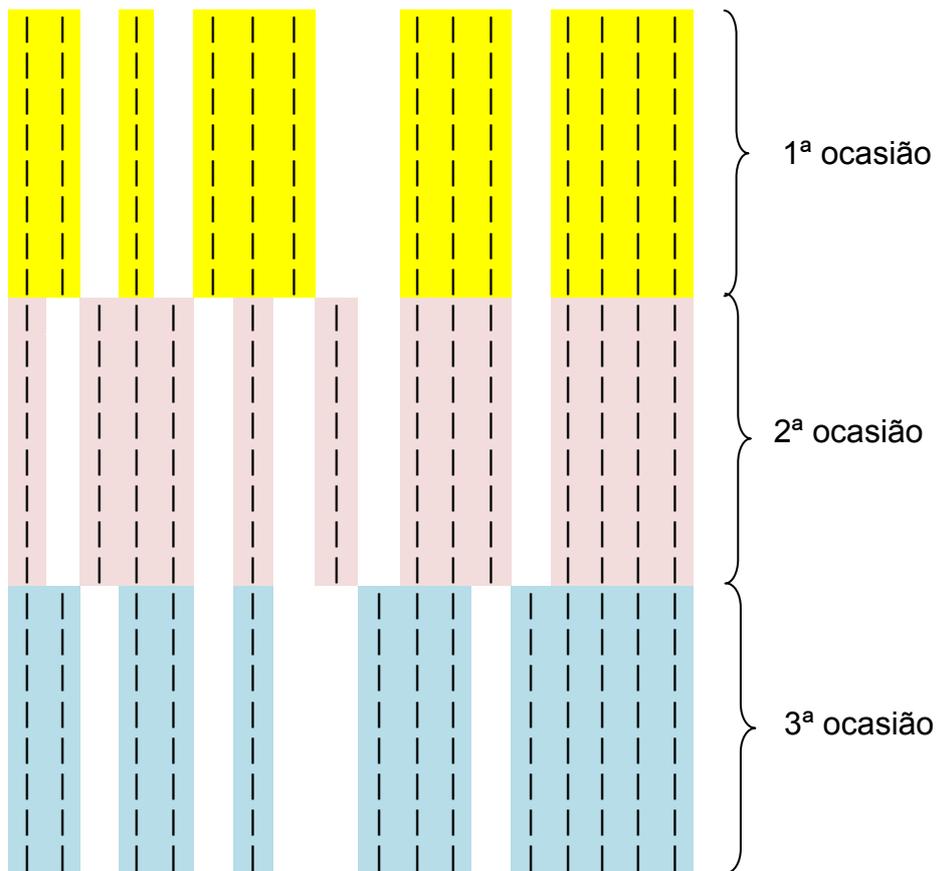


Figura 6.2. Esquema representando o formato da matriz após separação dos itens.

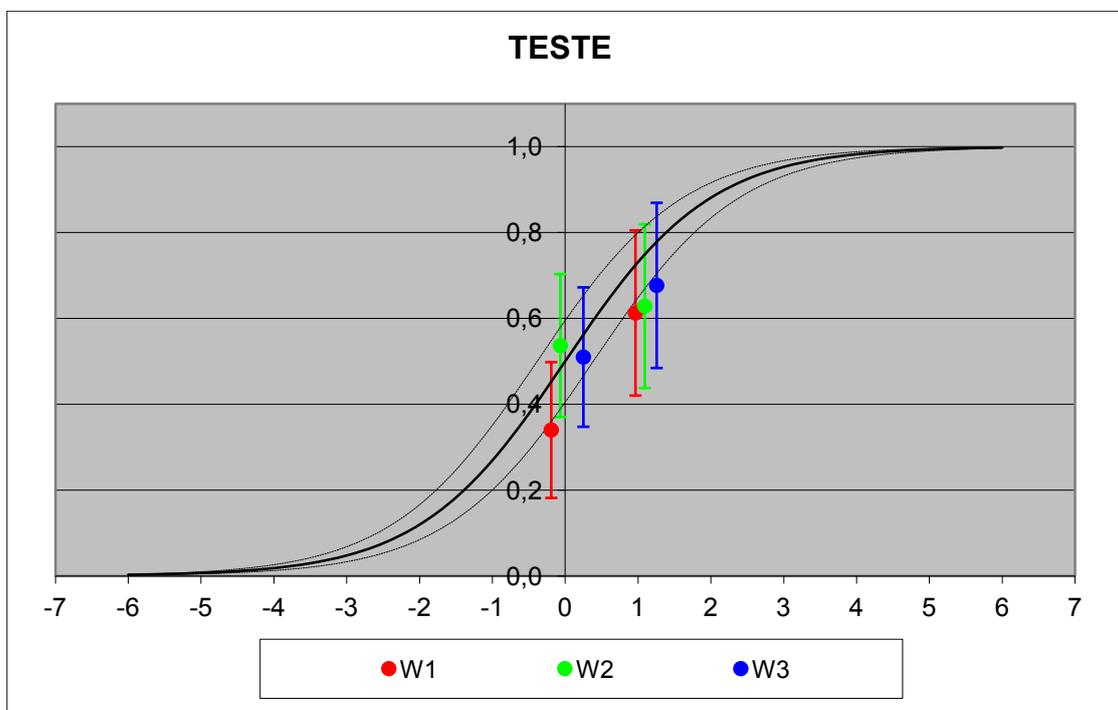


Figura 6.3. Curva do teste. W1, W2 e W3 indicam, respectivamente as ocasiões 1, 2 e 3 de medida.

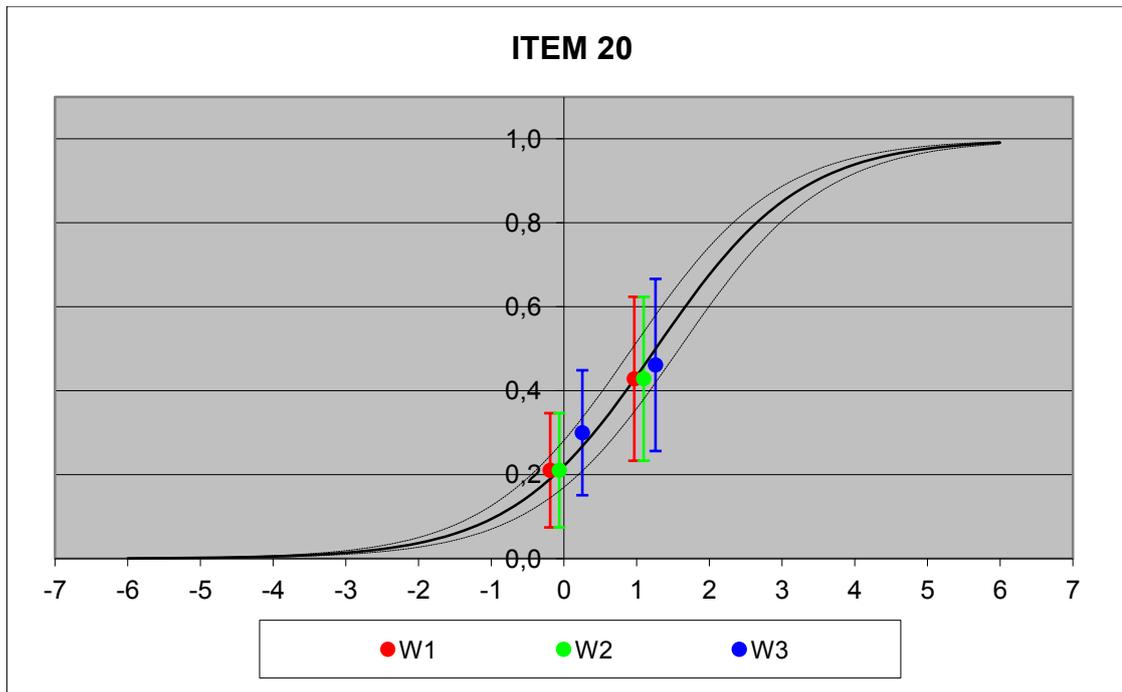


Figura 6.4. Curva de um item bem ajustado.

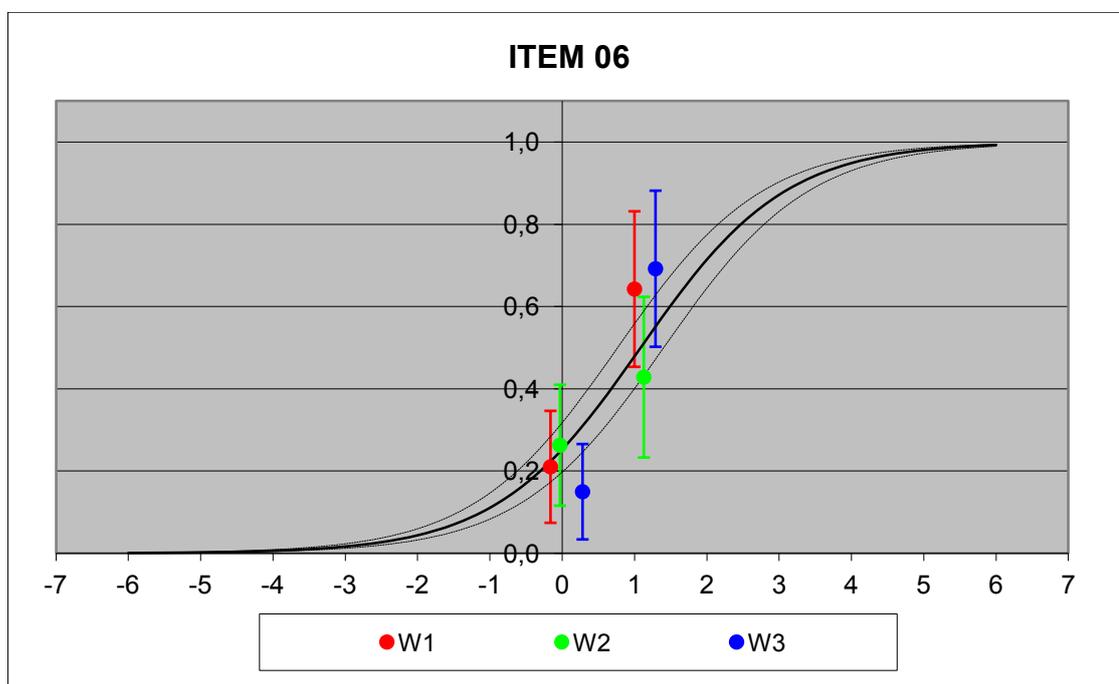


Figura 6.5. Curva de um item com ajuste aceitável.

Ao final, obteve-se uma escala com 35 itens que foi considerada invariante para as três ocasiões e para os dois grupos de desempenho. A variância explicada

aumentou um pouco, indo para 36% (ver **Quadro 6.2**). Os autovalores extraídos dos resíduos indicam que não há estrutura nos mesmos.

Quadro 6.2. Mapa de dimensionalidade - reproduzido do WINSTEPS® (LINACRE, 2010)

Table of STANDARDIZED RESIDUAL variance (in Eigenvalue units)				
		-- Empirical --		Modeled
Total raw variance in observations	=	54.7	100.0%	100.0%
Raw variance explained by measures	=	19.7	36.0%	35.9%
Raw variance explained by persons	=	5.1	9.3%	9.3%
Raw variance explained by items	=	14.6	26.7%	26.6%
Raw unexplained variance (total)	=	35.0	64.0%	64.1%
Unexplned variance in 1st contrast	=	2.5	4.6%	7.2%
Unexplned variance in 2nd contrast	=	2.3	4.2%	6.6%
Unexplned variance in 3rd contrast	=	2.1	3.8%	6.0%
Unexplned variance in 4th contrast	=	1.9	3.5%	5.5%
Unexplned variance in 5th contrast	=	1.8	3.3%	5.2%

O valor relativamente baixo da variância explicada deve-se ao fato de que as pessoas estão situadas numa faixa muito estreita de proficiência. A **Figura 6.6** mostra como estão distribuídas as variáveis “habilidade das pessoas” e “dificuldade dos itens”. Nesse mapa pode-se ver que o desvio padrão para as medidas das pessoas é menor do que 1 e para as medidas dos itens é menor do que 2. Como dito anteriormente, com esses valores de desvio-padrão a variância máxima explicada pelo modelo é de aproximadamente 45%.

Segundo Linacre apud Maia (2010, p. 66):

Uma vez que o modelo Rasch é uma idéia teórica e dados empíricos são sempre imperfeitos, espera-se que um teste de ajuste global possa relatar uma inadequabilidade significativa sempre que houver dados suficientes para conferir ao teste este poder.

As estatísticas *MODEL RMSE* e *REAL RMSE* constituem esse teste. *RMSE* é a raiz quadrada da média dos quadrados dos erros padrões. Quando esses dois valores são bem próximos, sendo o *MODEL RMSE* um pouco menor do que o *REAL RMSE*, significa que “a divergência nos dados tem pouco efeito na precisão global das medidas” (LINACRE, 2010 apud MAIA, 2010). Para nossos dados os valores calculados dessas estatísticas, tanto para as pessoas (*MODEL RMSE* = 0,51; *REAL RMSE* = 0,53) quanto para os itens (*MODEL RMSE* = 0,39; *REAL RMSE* = 0,40), foram bem próximos.

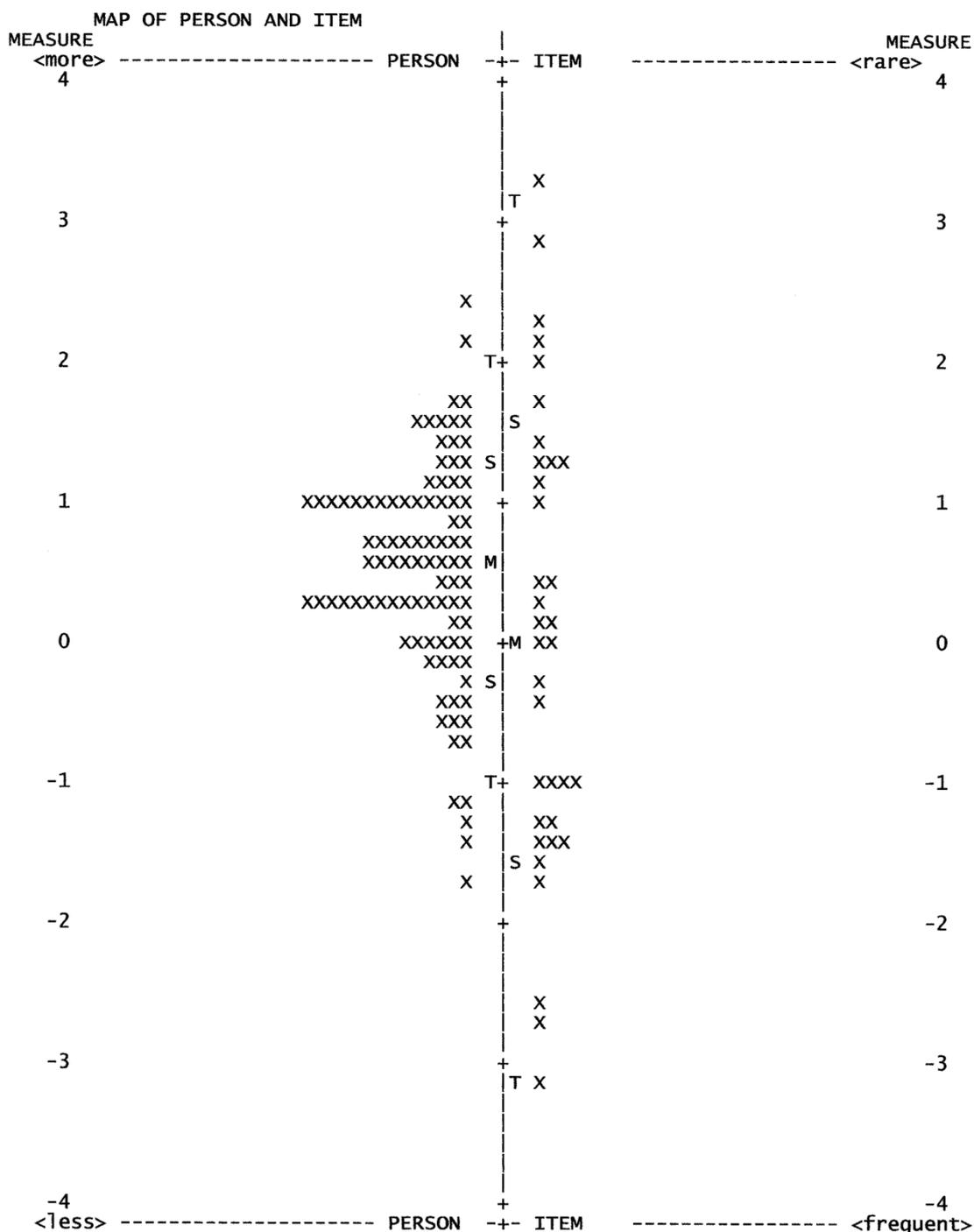


Figura 6.6. Mapa das variáveis. Reproduzido do WINSTEPS® (LINACRE, 2010).

A estatística de ajuste *INFit* (*MNSQ*) para as pessoas teve um máximo de 1,83 e um mínimo de 0,55 e para os itens um máximo de 1,25 e um mínimo de 0,75. Segundo a interpretação recomendada por Linacre (2010) para essa estatística os valores encontrados indicaram que não houve distorção nem degradação das medidas para os itens (valores entre 0,5 e 1,5), mas houve alguma distorção em

algumas medidas para as pessoas sem degradar o sistema de medidas (valores entre 1,5 e 2,0).

Com esses resultados assumiu-se que a escala construída é invariante e, portanto, as medidas das habilidades dos estudantes obtidas são válidas.

I. 3. Discussão

Construiu-se um instrumento que se mostrou válido para mensurar a habilidade de titulação. Portanto, este instrumento cumpre os requisitos básicos de um instrumento de medida: possuir uma escala intervalar, medir apenas um atributo e ser invariante em relação à ocasião de medida.

Todos os itens funcionaram igualmente para os dois grupos de baixo e alto desempenho, no entanto, alguns não funcionaram igualmente para as três ocasiões apresentando graus diferentes de dificuldade em uma ou duas ocasiões.

Uma possível explicação para o fato de alguns itens apresentarem grau de dificuldade diferente na segunda ocasião em relação à primeira e terceira ocasiões é o fato de que na segunda ocasião os estudantes trabalharam sozinhos diferentemente das outras duas ocasiões em que eles trabalharam em duplas. Isso pode ter afetado a escala de medida de alguns itens por que o contexto em que eles foram realizados foi diferente. Os estudantes quando trabalhando sozinhos tendem a ficar bem mais atentos ao que eles estão fazendo. Com relação ao item 2 – “Verteu a solução básica contida em um béquer previamente limpo e seco, deste para a bureta” – deve-se considerar que na primeira e na terceira ocasiões os estudantes tiveram que preparar a solução básica, armazenando-a em um balão volumétrico de 100 mL, relativamente pequeno e na segunda ocasião os estudantes encontraram a solução pronta e armazenada em um frasco. Isso provavelmente contribuiu para um maior grau de acerto desse item nessa ocasião porque transferir do frasco direto para a bureta é mais complicado do que do balão para a bureta.

Outro aspecto do contexto que pode ter influenciado a invariância dos itens por ocasião relaciona-se a natureza da atividade que na terceira ocasião (determinação

do teor de base da soda cáustica comercial) foi bem diferente das outras ocasiões (padronização de soluções). Em tal ocasião os estudantes trabalharam com uma amostra heterogênea cujo volume final gasto da solução básica era imprevisível e devido a isso nessa ocasião eles demoraram mais tempo até atingir o ponto final da titulação e cada dupla obteve resultados bem diferentes. Na primeira e segunda ocasião, pelo contrário, os estudantes tinham uma previsão do volume que seria gasto uma vez que eles sabiam a concentração na qual a solução foi preparada.

Como o teste global funcionou igualmente para os dois grupos de desempenho e para as três ocasiões e, além disso, todos os itens funcionaram igualmente para os dois grupos de desempenho, considera-se que a principal razão para a separação de alguns itens por ocasião sejam as diferenças no contexto em que a atividade ocorreu nas três ocasiões.

Diante disso recomenda-se que para avaliar a evolução da habilidade técnica com o tempo de prática, as tarefas em todas as ocasiões sejam idênticas. Por exemplo, no caso da titulação, todas seriam de padronização de uma solução, podendo ser uma solução ácida ou uma solução básica. Também poderia levar a melhores resultados se a tarefa fosse executada individualmente em todas as ocasiões.

II. VARIÁVEIS PREDITORAS.

II. 1. Motivação.

O questionário de motivação acadêmica (Anexo) foi aplicado aos estudantes apenas uma vez e após a realização de todas as aulas sobre titulação.

Realizou-se a Análise Fatorial Confirmatória¹⁷ (AFE) dos dados obtidos para avaliar a motivação e não se encontrou as sete escalas que Sobral (2003) relata e que o instrumento original propõe. Então, decidiu-se por fazer uma nova AFE procurando uma solução que fosse interpretável na mesma linha teórica do questionário original, de preferência nas mesmas escalas, e que os itens fossem fatorialmente simples,

¹⁷ Usou-se o algoritmo Markov Chain Monte Carlo (MCMC) como implementado no Mplus®

supondo que fatorialmente simples significa que a maior parte da comunalidade retida é explicada por um único fator. O programa utilizado usa um método para extrair os fatores que calcula o erro na carga fatorial e com este erro pode-se fazer um teste de t para saber se a carga fatorial é significativa ou não. Se a carga fatorial não for significativa ela pode ser posta igual a 0 o que simplifica a análise.

A melhor solução (**Tabela 6.1**) obtida foi com seis fatores ou escalas das quais era possível manter a interpretação do questionário, embora algumas de tais escalas não tivessem quatro itens como no questionário original. Alguns itens carregaram significativamente em mais de um fator exigindo que se buscasse um critério para decidir se ele seria mantido ou não. Adotou-se o seguinte critério: se o fator com a maior carga fatorial explica mais de 50% da variância explicável do item este é considerado fatorialmente simples e o item é mantido, anulando-se os outros fatores. Por exemplo, o item 16 na **Tabela 6.1** foi mantido porque o fator 1 explica 46,4 % da variância explicável do item que é 59 %. Então esse fator explica 78,6 % da variância explicável do item.

Os itens 18 e 25, que na escala original seriam de **MIPVE**, carregaram junto com os itens da escala de **MIPS**. Analisando os itens, parece razoável que isso tenha acontecido, uma vez que ambos parecem relacionar-se ao prazer em aprender. Os fatores ou escalas que ficaram com apenas dois itens foram mantidos, uma vez que têm carga fatorial muito alta.

Permaneceram 19 itens dos 28 originais, obtendo-se as seguintes escalas: 1- Motivação Intrínseca para Saber (**MIPS**) contendo 5 itens; Motivação Intrínseca para Vivenciar Estímulos (**MIPVE**) contendo 2 itens; Motivação Extrínseca de Regulação por Identificação (**MEID**) com 4 itens; Motivação Extrínseca de Regulação por Introjeção (**MEIN**) com 2 itens; Motivação Extrínseca de Regulação Externa (**MERE**) com 2 itens e Desmotivação (**DESM**) com 4 itens.

O resultado obtido foi considerado muito bom considerando o pequeno tamanho da amostra, 35 estudantes.

Tabela 6.1. Cargas fatoriais e comunalidades retidas

Fatores						Item	Comunalidade Retida
1	2	3	4	5	6		
0,691						I09	0,4775
0,681	0,234	0,267				I16	0,4638
0,842		-0,25				I23	0,7090
			0,82			I04	0,6724
			0,985			I11	0,9702
0,843						I18	0,7106
0,842						I25	0,7090
	0,844		-0,21			I03	0,7123
	0,761			-0,235		I10	0,5791
	0,718		-0,186			I17	0,5155
	0,819	-0,241	0,164			I24	0,6708
				-1,044		I15	1,0899
		-0,256		-0,73	-0,211	I22	0,5329
		-0,761				I21	0,5791
		-0,893				I28	0,7975
					0,88	I05	0,7744
-0,356			0,289		0,591	I12	0,3493
					0,827	I19	0,6839
0,123			-0,214		0,962	I26	0,9254
MIPS	MEID	MEIN	MIPVE	MERE	DESM		

Usando a nova escala obtida calcularam-se os escores dos estudantes para cada tipo de motivação. Os valores dos escores resultantes foram reduzidos para uma escala POMP (sigla para *Percent Of Maximum Possible score*) (COHEN *et al*, 1999) dividindo o escore de cada estudante para cada categoria de motivação pelo escore máximo total da categoria. Decidiu-se por fazer a conversão para uma escala POMP para adequar os valores da escala de motivação (variável independente) aos valores da escala de desempenho (variável dependente) para facilitar a análise longitudinal dos dados. Assim foram obtidas as medidas do preditor *motivação*.

II. 2. Conhecimento geral em Química, conhecimento prévio e conhecimento conceitual.

A nota final da disciplina da 1ª série *Introdução a Química Experimental* (IQE) foi considerada medida do conhecimento prévio que é pré-requisito para aquisição da

habilidade de titulação, uma vez que é em tal disciplina que os estudantes aprendem as técnicas para transferência de líquidos e medidas de volumes de líquidos, todas componentes da técnica maior de titulação. A nota final da disciplina também da 1ª série de Química (QUI) foi considerada medida do conhecimento geral em Química. Já a nota do 1º bimestre da disciplina de Química da 2º série, que corresponde à parte teórica da Físico-química, foi considerada medida do conhecimento conceitual relativo à habilidade técnica cuja aprendizagem foi investigada, uma vez que nesse bimestre os estudantes estudam a teoria que fundamenta a técnica da titulação. Todas as notas foram convertidas para uma escala POMP.

III. MODELAMENTO MULTINÍVEL PARA MUDANÇA.

III. 1. Análise e resultados

Obtidas as medidas das habilidades e definidos os preditores (**Quadro 6.3**), realizou-se o modelamento multinível para mudança padrão usando inicialmente o programa MLwiN® (2009) e posteriormente o programa SPSS 16.0(2007). Todas as variáveis preditoras usadas são invariantes.

Para a variável *TEMPO* escolheu-se usar o número de semanas como unidade da escala em vez do número de aulas uma vez que o passar do tempo pode afetar a recordação do que foi aprendido anteriormente. Tal efeito ocorre por interferência retroativa, quando a nossa capacidade de recordar aquilo que estamos aprendendo sofre a interferência do que aprenderemos no futuro (EYSENCK e KEANE, 2007), ou porque lembranças que ainda estão sendo consolidadas são mais vulneráveis à interferência e ao esquecimento (WIXTED, 2004). Estabeleceu-se o valor 0 (zero) para o *TEMPO* da primeira medida da habilidade; o valor 3 (três) para o tempo da segunda ocasião de medida; e o valor 4 (quatro) para o tempo da terceira ocasião de medida. Da primeira ocasião de medida para a segunda passaram-se duas semanas porque não houve aula na semana seguinte à primeira ocasião de medida, já da segunda para a terceira passou-se apenas uma semana. As variáveis preditoras de motivação e de conhecimento foram testadas como variáveis contínuas.

Quadro 6.3. Lista das Variáveis Predictoras.

Preditores	Descrição
TEMPO	Medido em semanas contínuas
SUBTURMA	Subturma a qual o estudante pertencia quando fez a aula prática – variável categórica
GÊNERO	Variável categórica com valores 0 para feminino e 1 para masculino
MIPS	Motivação intrínseca para saber – variável contínua
MIPVE	Motivação intrínseca para vivenciar estímulos – variável contínua
MEIN	Motivação extrínseca de regulação por introjeção – variável contínua
MEID	Motivação Extrínseca de regulação por identificação- variável contínua
MERE	Motivação Extrínseca de regulação externa - variável contínua
DESM	Desmotivação – variável contínua
IQE	Conhecimento prévio – variável contínua
QUI	Conhecimento geral do domínio – variável contínua
NFQ1bim	Conhecimento específico conceitual – variável contínua

Iniciou-se por testar o ajuste de dois modelos mais simples como recomendado por Singer e Willett (2003) usando o programa MLwiN[®] (2009): modelo incondicional das médias e o modelo incondicional do crescimento.

O ajuste do primeiro modelo está representado pela equação **6.2** abaixo:

$$\begin{aligned}
 HAB_{ij} &= \beta_{0ij}CONS \\
 \beta_{0ij} &= 0,5094(0,1099) + \zeta_{0j} + \varepsilon_{0ij} \\
 \sigma_0^2 &= [0,3056(0,0994)] \quad \sigma_\varepsilon^2 = [0,2681(0,0478)]
 \end{aligned}
 \tag{6.2}$$

Uma análise das estimativas dos componentes da variância mostra que há variabilidade de respostas intrapessoais ($\sigma_\varepsilon^2 \neq 0$) e interpessoais ($\sigma_0^2 \neq 0$) que pode potencialmente ser explicada. Esse modelo básico foi denominado modelo **A** e apresentou um valor de *deviância* igual a 194,1931 e três parâmetros estimados (um intercepto e duas variâncias).

Para o ajuste do segundo modelo acrescentou-se o preditor de nível 1, o *TEMPO*, com um parâmetro indexado para o sujeito, para testar o modelo em que as pessoas

teriam diferentes inclinações. Obteve-se o modelo representado pela equação **6.3** que será denominado modelo **B** e que apresentou um valor de *deviância* igual a 189,3220, com seis parâmetros estimados (um intercepto, uma inclinação, uma covariância e três variâncias):

$$\begin{aligned} HAB_{ij} &= \beta_{0ij}CONS + \beta_{1j}TEMPO_{ij} \\ \beta_{0ij} &= 0,3381(0,1314) + \zeta_{0j} + \varepsilon_{0ij} \\ \beta_{1j} &= 0,0987(0,0416) + \zeta_{1j} \end{aligned} \quad (6.3)$$

$$\begin{bmatrix} \sigma_0^2 & \sigma_{01} \\ \sigma_{10} & \sigma_1^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3127(0,0991) & \sigma_{01} \\ 0,0000(0,0000) & 0,0000(0,0000) \end{bmatrix}$$

$$\sigma_\varepsilon^2 = [0,2462(0,0439)]$$

Quando se faz um teste *qui-quadrado* com o valor da diferença entre as *deviâncias* (4,8711 e 2 graus de liberdade) dos modelos **A** e **B** obtém-se $p < 0,05$, indicando que o modelo **B** se ajusta melhor do que o modelo **A**.

O resultado obtido para o ajuste desse modelo indica que há variação no *status* inicial da habilidade entre os estudantes ($\sigma_0^2 \neq 0$) e não há variação nas taxas de mudança da habilidade entre os estudantes ($\sigma_1^2 = 0$). No entanto, o fato da variância σ_1^2 ter sido fixada em zero (ver matriz de covariância na equação **6.3**) significa que houve uma não convergência. A literatura especializada não explica porque isso acontece. Diante desse fato decidiu-se ajustar o modelo usando o *Procedimento de modelos mistos* do programa SPSS 16.0 (2007) que modela explicitamente a estrutura de covariância dos resíduos e resolve o problema da não convergência.

Iniciou-se por testar o ajuste usando as seis estruturas de covariância descritas no capítulo 2 para os dois modelos, *incondicional das médias*, aqui chamado de Modelo **A** e *incondicional do crescimento*, aqui chamado de Modelo **B**. A **Tabela 6.2** mostra uma comparação entre os modelos **A** e **B** usando as seis estruturas de covariância em relação aos critérios usados para escolha do modelo com o melhor ajuste

(deviância, AIC e BIC). Os dados da **Tabela 6.2** mostram pelos valores de AIC e BIC que tanto o modelo **A** quanto o modelo **B** com estrutura de covariância simétrica composta estão mais bem ajustados do que os mesmos modelos com as outras estruturas de covariância. Essa conclusão é válida mesmo sendo o valor da deviância maior para os modelos com estrutura de covariância simétrica composta em relação aos modelos com estrutura de covariância não estruturada e simétrica composta heterogênea, uma vez que o valor da diferença entre elas não é significativo. No entanto, as diferenças nos valores de AIC e BIC entre o modelo com estrutura de covariância simétrica composta e os outros modelos indicam evidência positiva (diferença de 2 a 6) a muito forte (diferença maior que 10) de que o modelo com estrutura de covariância simétrica composta apresenta o melhor ajuste. O melhor ajuste sendo obtido com a estrutura de covariância simétrica composta sugere que, de fato, não há diferença na taxa de mudança entre os estudantes nesse estudo.

Foram então testadas todas as possibilidades de combinações de todos os preditores afetando o intercepto e a inclinação usando principalmente as duas estruturas de covariância, simétrica composta e não estruturada. A estrutura de covariância simétrica composta mostrou-se sempre melhor ajustada do que a não estruturada. A **Tabela 6.3** mostra a família de modelos ajustados com a estrutura de covariância simétrica composta até chegar ao modelo de melhor ajuste considerado o modelo final. Não se obteve nenhum modelo bem ajustado com qualquer um dos preditores multiplicado pelo TEMPO. Isto também sugere que não há variabilidade nas inclinações.

Tabela 6.2. Comparação entre os modelos *incondicional das médias (A)* e *incondicional do crescimento (B)*, ajustados com diferentes estruturas de covariância.

ESTRUTURA DE COVARIÂNCIA	NÃO ESTRUTURADA		SIMÉTRICA COMPOSTA		SIMETRICA COMPOSTA HETEROGÊNEA		AUTOREGRESSIVA		AUTOREGRESSIVA HETEROGÊNEA		TOEPLITZ	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
DEVIÂNCIA	195,2	193,8	196,8	194,9	195,4	194,0	199,6	201,1	198,4	199,6	196,7	195,7
AIC	207,2	205,8	200,8	199,9	203,4	202,0	203,6	205,1	206,4	207,6	202,7	201,7
BIC	222,5	221,0	205,9	204,9	213,6	212,2	208,7	210,2	216,6	217,7	210,3	209,3

Tabela 6.3. Família de modelos ajustados com estruturas de covariância simétrica composta.

Efeitos Fixos	Modela A	Modelo B	Modelo C	Modelo D	Modelo E
Intercepto	0,5094* (0,1116)	0,3381*** (0,1332)	-2,3451*** (1,0637)	-2,241*** (1,0003)	-2,0264*** (0,9206)
TEMPO		0,0987*** (0,0419)	0,0996*** (0,0419)	0,0977*** (0,0419)	0,0965*** (0,418)
QUI			3,592*** (1,4138)	3,6663** (1,328)	4,676* (1,2775)
Gênero				-0,464*** (0,2049)	-0,6316** (0,1987)
MERE					-1,1866*** (0,4606)
Critérios					
Deviância	196,8	195,9	187,3	183,8	177,3
AIC	200,8	199,9	191,3	187,8	181,3
BIC	205,9	204,9	196,4	192,8	186,4
Componentes de variância					
σ^2	0,2681 (0,0476)	0,2501 (0,0448)	0,2502 (0,0448)	0,2502 (0,0448)	0,2505 (0,0449)
σ_1^2	0,3178 (0,1031)	0,3238 (0,103)	0,2639 (0,0897)	0,2227 (0,0808)	0,173 (0,0696)

*p ≤ 0,001; **p ≤ 0,01; ***p ≤ 0,05

A equação 6.4 a seguir expressa o modelo com melhor ajuste obtido.

$$HAB_{ji} = -2,0264 + 0,0965 \times TEMPO_i + 4,676 \times QUI_j - 0,6316 \times G\hat{E}NERO_j - 1,1866 \times MERE_j \quad (6.4)$$

Tal modelo nos diz que houve um crescimento da habilidade com o tempo, ou seja, houve melhora no desempenho (de 0,0965 logits por semana), apesar de muito

baixa, e que as trajetórias dos estudantes diferem no status inicial da habilidade mas a taxa de melhora no desempenho foi igual para todos os estudantes. A **Figura 6.7** mostra as trajetórias obtidas a partir do modelo final (equação **6.4**) para os 33 estudantes. Este modelo também estabelece que as diferenças entre os estudantes no desempenho inicial podem ser parcialmente explicadas pelas diferenças em gênero, conhecimento geral em Química e pela motivação extrínseca do tipo “regulação externa”.

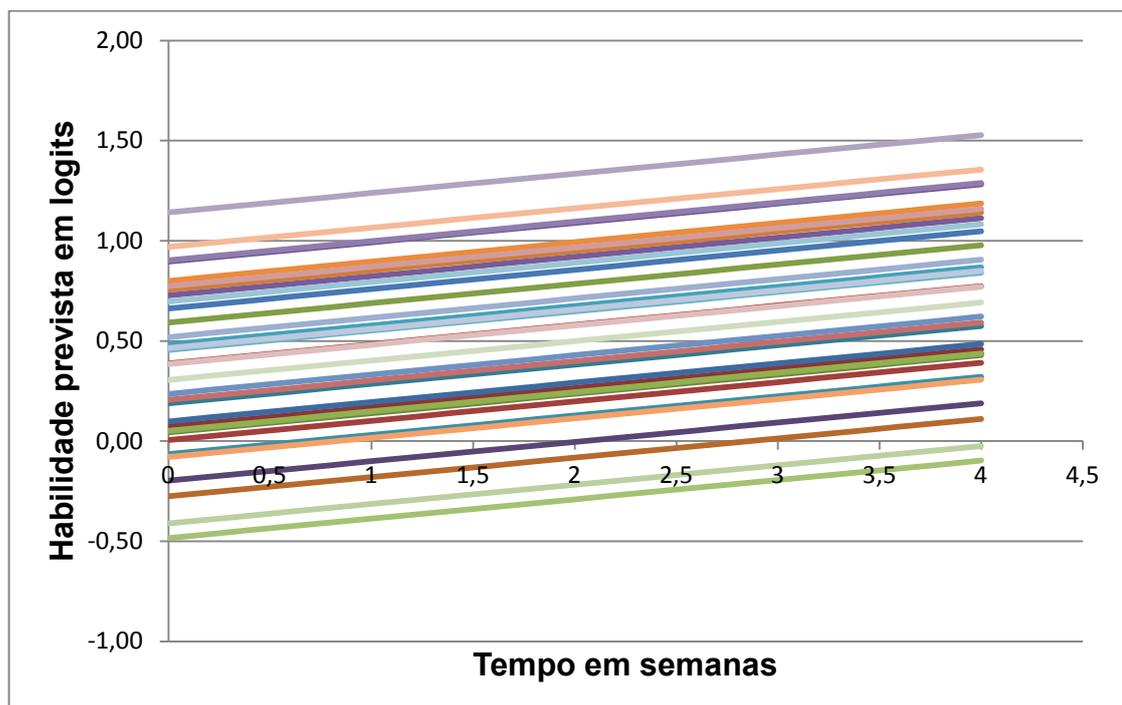


Figura 6.7. Trajetórias modeladas do desenvolvimento da habilidade para os 33 estudantes.

O modelo prevê que estudantes do gênero feminino têm melhor desempenho do que os do gênero masculino (0,6316 logits maior) no início do processo de aquisição da habilidade. Mesmo que as estudantes apresentem um valor para o intercepto maior, a taxa de mudança no desempenho (inclinação) é a mesma tanto para as estudantes do gênero feminino quanto para os estudantes do gênero masculino. A **Figura 6.8** mostra as trajetórias prototípicas modeladas para um estudante j do gênero feminino e um estudante j do gênero masculino.

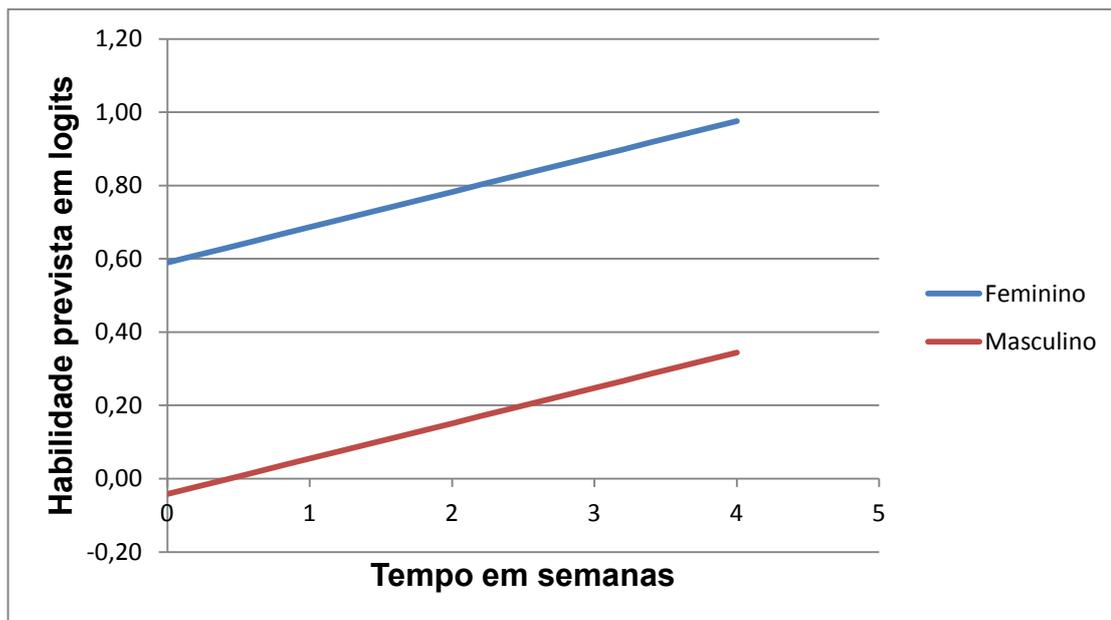


Figura 6.8. Efeito do gênero no desenvolvimento da habilidade, controlado para conhecimento geral em Química e motivação extrínseca por regulação externa.

Outra observação que pode ser extraída do modelo é que o conhecimento geral em Química afeta o status inicial do desempenho positivamente, ou seja, estudantes com alto desempenho em Química básica terão melhor desempenho na técnica de titulação no início do processo de aquisição da habilidade técnica. A **Figura 6.9** mostra esses comportamentos modelados através de trajetórias prototípicas para baixo e alto desempenho em Química.

O modelo prevê ainda que a motivação extrínseca de regulação externa explica parte da variabilidade na habilidade inicial entre os estudantes. Tal motivação afeta negativamente o desempenho inicial dos estudantes. Estudantes mais motivados por fatores externos, motivação não autônoma, devem apresentar pior desempenho na execução da titulação no início da aprendizagem do que aqueles menos motivados por fatores externos. A **Figura 6.10** mostra as trajetórias prototípicas modeladas para alta e baixa motivação extrínseca por regulação externa.

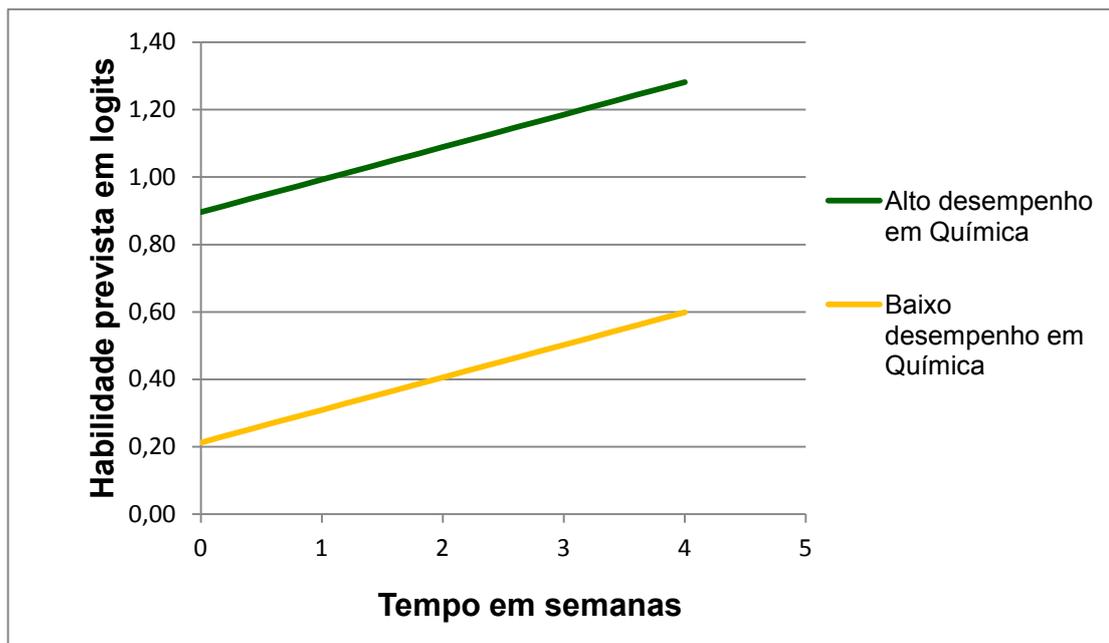


Figura 6.9. Efeito do conhecimento geral em Química no desenvolvimento da habilidade, controlado para gênero e motivação extrínseca por regulação externa.

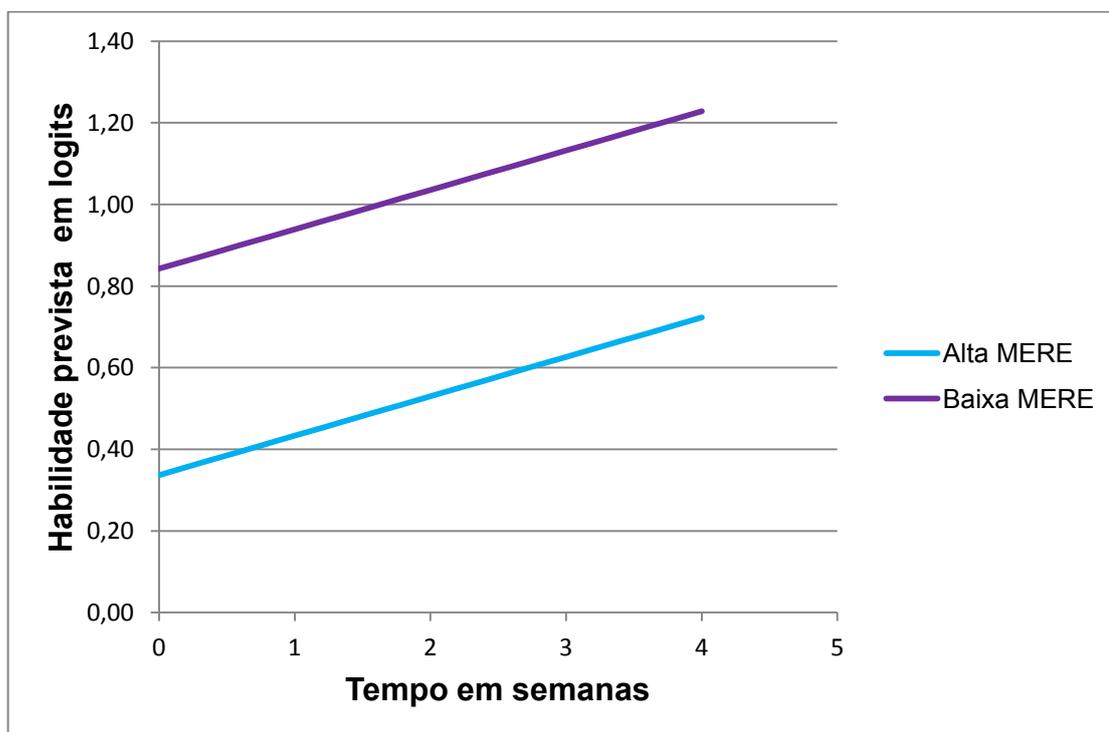


Figura 6.10. Efeito da motivação extrínseca por regulação externa no desenvolvimento da habilidade de titulação, controlado para conhecimento geral em Química e gênero.

III. 2. Discussão.

O modelo obtido com o melhor ajuste estipula que os estudantes mostram diferentes níveis de desempenho no início do processo de aquisição da habilidade técnica de titulação que pode ser explicada pelas diferenças no conhecimento geral de Química, no gênero e na motivação extrínseca por fatores externos. Os estudantes que possuem um maior conhecimento geral em Química (maiores notas) apresentam melhor desempenho do que os estudantes com menor conhecimento geral de Química. Estudantes do gênero feminino apresentam melhor desempenho do que os do gênero masculino e os estudantes menos motivados por fatores externos apresentam melhor desempenho do que os mais motivados por fatores externos no início da aprendizagem da técnica de titulação.

As outras variáveis preditoras não apresentaram correlação significativa com o desempenho dos estudantes. Por exemplo, esperava-se que houvesse alguma influência da subturma sobre o desempenho dos estudantes, principalmente devido aos diferentes horários das aulas para cada subturma: no início da tarde, no meio da tarde e no fim da tarde. No entanto, essa variável não mostrou nenhum efeito sobre a habilidade de titulação dos estudantes.

O conhecimento prévio medido pela média final obtida na disciplina de Introdução à Química Experimental também não mostrou afetar o desempenho dos estudantes na titulação como esperado. Uma provável explicação para isto é o fato da nota representar a média anual na disciplina e não medir apenas o desempenho em técnicas básicas de laboratório que são pré-requisitos para a titulação. Da mesma forma o que foi considerado conhecimento conceitual sobre titulação mensurado pelas notas da parte teórica da disciplina, não mostrou afetar a habilidade técnica de titulação dos estudantes. Esse resultado pode ser explicado quando se considera que a ênfase da avaliação teórica estava na realização dos cálculos para se obter a concentração da solução problema, e não na memorização e entendimento dos passos a serem seguidos no procedimento de titulação.

O fato de que o conhecimento geral de Química afeta a base da aquisição da habilidade técnica pode ter mais de uma interpretação:

1 - pode ser porque se trata de um conhecimento teórico e não um conhecimento prático que não tem relação direta com a habilidade técnica investigada por isso afeta a base, mas não o desenvolvimento;

2- pode ser porque os estudantes que obtiveram as melhores médias na disciplina de Química do primeiro ano, muito provavelmente também seriam os que se empenham mais em aprender esse conhecimento e esse maior empenho se estenderia às aulas práticas também. Ao fazerem pela primeira vez uma atividade prática eles tenderiam a serem mais atentos às suas ações e mais preocupados em seguir da melhor forma possível os procedimentos estabelecidos para atividade prática;

3 - estudantes considerados “bons alunos” na teoria também seriam “bons alunos” na prática.

O resultado em relação ao gênero está em consonância com resultados obtidos por Cheung (2007) que realizou um estudo quantitativo para examinar o efeito da interação gênero x grau escolar nas atitudes dos estudantes do segundo grau para as aulas de Química. Eles usaram um instrumento (*Attitude Toward Chemistry Lessons Scale, ATCLS*) constituído de 12 itens com quatro subescalas, sendo que uma delas focava sobre a atitude do estudante para as aulas em laboratório. Seus resultados mostraram que nas séries iniciais os meninos gostavam mais das aulas de laboratório do que as meninas, mas nas séries finais isso se inverteu com as estudantes do gênero feminino gostando mais do que os do gênero masculino das aulas de laboratório. Hofstein *et al.* (1977) pesquisaram a atitude para o estudo de Química de estudantes da escola secundária de Israel na faixa de idade de 16 a 18 anos e relataram que estudantes do gênero feminino tinham uma atitude mais positiva para o estudo de Química do que os do gênero masculino. O que se observa nas turmas do curso da Química da Instituição em foco é que, geralmente, o número de estudantes do gênero feminino é superior ao número de estudantes do gênero masculino. Tal diferença pode indicar um maior interesse do gênero feminino pela área de Química. No entanto, os estudos citados não investigaram o efeito do gênero no desempenho prático dos estudantes em laboratórios escolares de Química do modo como foi investigado na presente pesquisa. A diferença no nível da habilidade entre estudantes do gênero masculino e do gênero feminino pode

estar relacionada a diferenças nas aptidões em relação ao trabalho de laboratório. Esse poderia ser um tema interessante para se pesquisar mais a fundo.

A motivação por regulação externa é o tipo de motivação extrínseca que diz que o comportamento da pessoa é regulado por razões externas a ela, como por prêmios e restrições (VALLERAND *et al*, 1992). Esperava-se que houvesse uma correlação positiva entre motivação intrínseca e desempenho dos estudantes na execução da titulação, uma vez que a motivação intrínseca está relacionada ao comportamento autodeterminado pelo qual as pessoas realizam uma atividade pelo prazer em realizá-la. No entanto, não se obteve uma relação entre qualquer tipo de motivação intrínseca, bem como a desmotivação, e o desempenho dos estudantes.

O modelo prediz que estudantes pouco motivados por fatores externos apresentariam melhor desempenho na habilidade técnica de titulação em relação àqueles mais motivados pelos mesmos fatores no início do processo de aprendizagem. Tal previsão parece estar de acordo com o dito por Deci e Ryan (2000): que pessoas muito motivadas por agentes externos para uma tarefa apresentam pouco interesse e confiança na realização da tarefa o que se manifesta em um baixo desempenho. Martinelli e Genari (2009) ao investigar a relação entre desempenho escolar de alunos do ensino fundamental e suas motivações também verificaram uma correlação negativa entre desempenho escolar e motivação extrínseca, isto é, quanto maior a motivação extrínseca pior é o desempenho escolar.

O modelo estipula também que a taxa de crescimento do nível do desempenho com o tempo não difere entre os estudantes. A ausência de diferenças nas taxas de crescimento (inclinações das trajetórias) entre os estudantes pode estar relacionada à natureza dos itens do instrumento de medida da habilidade que capturam mais o aspecto motor do que o intelectual da habilidade. Deste modo as medidas da habilidade podem não capturar as diferenças intrínsecas para aprender (idiosincrasias da aprendizagem) entre os estudantes.

Os resultados mostram que a taxa de crescimento do desempenho por aula de prática, no processo de aquisição da habilidade técnica de titulação é relativamente

baixa (inclinação = 0,0965 logits). Essa baixa taxa de crescimento pode indicar que o processo de desenvolvimento da habilidade ainda estava nos estágios cognitivo e associativo (ANDERSON, 2004) para todos os estudantes nas três ocasiões. Uma provável evidência disso foi o fato dos estudantes, em geral, dedicarem bastante atenção à tarefa que estavam executando nas duas primeiras ocasiões buscando saber o que deveria fazer e como fazê-lo. Quando conversavam com colegas ou com a professora geralmente era para esclarecer as dúvidas que tinham sobre a execução da tarefa. Na terceira ocasião já se mostraram menos atentos à tarefa enquanto a executavam, parecendo que ainda estavam no estágio associativo, uma vez que ainda apresentavam dúvidas tendo que recuperar o conhecimento declarativo do procedimento.

O modelo resultante de nosso estudo prevê que para se atingir um nível de perícia na execução de uma titulação com um desempenho de aproximadamente 3,5 logits (**Figura 6.7**) que seria o nível de habilidade necessária para acertar todos os itens do instrumento, é necessário muito mais do que três sessões de treinamento.

A habilidade técnica de titulação é constituída de habilidades cognitivas ou intelectuais e perceptual-motoras. Sua aquisição demanda prática (ANDERSON, 1982, 2004). No entanto, a mera repetição do procedimento não leva a perícia mesmo que leve a um comportamento automatizado (ERICSSON, 2008). O estudante pode alcançar o automatismo na execução da titulação executando-a de forma incorreta. DeMeo (2001) afirma que não se pode esperar perícia em uma técnica complexa de estudantes que a executam apenas uma ou duas vezes. O resultado da presente pesquisa parece corroborar o dito por DeMeo (2001), que é preciso mais do que duas ou até três sessões de prática para que o estudante desenvolva perícia na execução de uma técnica de laboratório de natureza complexa.

A prática extensiva e deliberada é necessária para desenvolver a perícia em um domínio e uma das características da prática deliberada é o estímulo ao exercício da auto-reflexão a partir de feedbacks fornecidos pelo treinador ou professor (FELTOVICH, PRIETULA E ERICSSON, 2006). A pesquisa realizada por Veal, Taylor e Rogers (2009) indicou a importância da auto-reflexão e do feedback para

melhorar o desempenho na execução de técnicas de laboratório de Química. Em suma, acredita-se que para que os estudantes adquiram uma habilidade técnica alcançando um nível perito de desempenho na execução da técnica eles precisam treinar nos moldes postulados por Ericsson, Krampe e Tesch-Römer (1993). Em geral, os currículos dos cursos técnicos falham em prever o tempo necessário para o desenvolvimento da perícia em técnicas (ver cap. 2, item I) e as escolas falham em prover as condições para que tal desenvolvimento ocorra. A idéia de que o estudante irá desenvolver a perícia ao realizar as tarefas no ambiente de trabalho é equivocada como bem colocam Ericsson, Krampe e Tesch-Römer (1993). No ambiente de trabalho não há condições para o técnico recém-formado treinar e melhorar significativamente suas habilidades. O uso da prática deliberada no ensino técnico proporcionaria as condições necessárias para a formação de técnicos peritos no seu domínio.

Observou-se nos vídeos que era muito difícil para a professora acompanhar individualmente todos os doze ou onze estudantes (por subturma) realizando a titulação no laboratório. A partir dessa percepção a professora mudou sua atuação nas turmas dos anos seguintes ao ensinar a titulação procurando atender mais de perto cada estudante na execução da técnica e pôde observar uma mudança qualitativa no desempenho dos estudantes na titulação. Por exemplo, quanto à obtenção da cor apropriada (rosa bem claro) no ponto final da titulação que foi muito difícil para a turma participante dessa pesquisa na primeira vez que executaram a titulação não foi tão difícil para as turmas seguintes. Isso provavelmente deveu-se ao fato da professora mudar sua atitude observando e corrigindo individualmente os estudantes no que se refere à forma como controlavam o escoamento da solução da bureta para o erlenmeyer. A professora o fez chamando a atenção dos estudantes individualmente para diminuir a frequência do gotejamento ao perceberem que o ponto de viragem estava próximo e ensinou-os a usar a técnica da meia-gota (o que não foi ensinado aos estudantes dessa pesquisa). Além disso, a professora observou e corrigiu, individualmente, a posição dos dedos da mão na torneira da bureta que impede que se abra a torneira totalmente proporcionando um melhor controle do gotejamento (**Figura 5.2**). Tal observação indica que um acompanhamento individualizado pelo professor é o mais apropriado quando se trata do desenvolvimento de habilidades técnicas pelos estudantes.

Capítulo 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

I. CONCLUSÃO E IMPLICAÇÕES

O presente estudo mostrou que durante as sessões de ensino da técnica de titulação os estudantes mostram um pequeno aumento no nível do desempenho e que as trajetórias de aprendizagem diferem entre os estudantes quanto ao nível inicial do desempenho, mas não diferem na taxa de melhoria do desempenho. Verificou-se que as diferenças no nível inicial do desempenho entre os estudantes podiam ser explicadas pelo nível do conhecimento geral de Química, pelo gênero e pela motivação extrínseca por regulação externa.

Esses resultados parecem compreensíveis quando se considera o pequeno intervalo de tempo entre as sessões de ensino e o pequeno número de sessões de ensino. Porém, tais resultados também colocam em questão a eficácia do método utilizado para o ensino da técnica em relação ao tempo e a qualidade da prática.

O que se observa nos currículos escolares de qualquer nível, geralmente, são programas cada vez mais extensos para as disciplinas sem o tempo suficiente para aprofundamento, pelos estudantes, em cada tópico. A formação profissional técnica em Química demanda a aprendizagem de um conjunto de conhecimentos e habilidades que provêm ao técnico a competência profissional nesse domínio. A aquisição de habilidades demanda tempo relativo ao treinamento e ao desenvolvimento da perícia. É praticamente impossível adquirir habilidades técnicas de natureza complexa, num nível de perícia, em uma ou duas ou até três aulas de laboratório.

Penso que a organização curricular de cursos técnicos e tecnológicos deve considerar o tempo necessário para se alcançar o melhor desempenho na execução de uma técnica se sua meta é formar um profissional competente. O que proponho a

partir desses resultados é que seja aplicada a prática deliberada no ensino das técnicas de laboratório nos cursos técnicos em Química. Para isso seria necessário:

- 1º- estender o tempo que o estudante passa no laboratório mesmo que isso signifique reduzir o tempo que ele passa nas salas de aulas convencionais;
- 2º- reduzir o número de estudantes por turma de laboratório ou aumentar o número de professores em cada aula de laboratório;
- 3º - que o professor instrua e atenda individualmente cada estudante durante as aulas;
- 4º - avaliar periodicamente a habilidade técnica por meio de exames práticos.

Em termos curriculares, isso equivaleria a ampliar a parte laboratorial do curso técnico em Química e estipular claramente, como recomendado nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Profissional Técnica de nível médio em Química (MEC, 2000), a aquisição de habilidades técnicas como um objetivo a ser alcançado por meio do ensino prático. Penso que essas mudanças contribuiriam bastante para se atingir o objetivo de desenvolver a perícia técnica em Química.

Esse estudo também mostrou que é possível mensurar a habilidade técnica de uma pessoa usando o modelo *Rasch* para construir a escala de medida. O instrumento obtido pode ser útil para professores de Química, uma vez que permite avaliar de maneira confiável a habilidade de titulação dos estudantes.

Penso que a pesquisa aqui relatada traz novas perspectivas para se estudar a aprendizagem de técnicas de laboratório de Química seja em cursos técnicos como também em cursos superiores. O método de análise longitudinal mostrou-se bastante adequado, mesmo para um estudo de curta duração, uma vez que por meio deste é possível acompanhar os estágios de aquisição da habilidade dos estudantes e prever qual é a trajetória média de aprendizagem para os estudantes. O conhecimento da trajetória média e de seus preditores podem ser úteis aos professores no momento de planejar o ensino da técnica e a avaliação de sua aprendizagem.

A relação entre os diferentes tipos de motivação com o desempenho técnico pode ser mais bem investigada com amostras maiores de estudantes. Outro objeto de estudo pode ser se diferenças nas aptidões, na perspectiva da teoria de Snow (1992) têm relação com as diferenças no desempenho. Por exemplo, as diferenças observadas na interação dos estudantes com a tarefa podem indicar diferenças de aptidão em aprender por meio de práticas em laboratório.

II. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

O pequeno tamanho da amostra (33 participantes) pode ser uma limitação dessa pesquisa para a generalização dos resultados obtidos.

Todos os participantes da pesquisa pertenciam a uma mesma turma do curso o que não permitiu que a variável método de instrução fosse considerada na pesquisa.

Nessas condições o estudo aqui relatado apresenta um caráter observacional mesmo sendo quantitativo.

O número de dados faltantes também foi uma limitação apesar de isso ser comum a pesquisas educacionais em ambientes naturais.

REFERÊNCIAS

- ABRAHAMS, I.; MILLAR, R. Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, v. 30, n. 14, p. 1945-1969, 2008.
- ALEXÉEV, V. *Análise quantitativa*. 3. ed. Porto: Livraria Lopes da Silva Editora, 1983.
- AMANTES, A. *Contextualização no Ensino de Física: Efeitos Sobre a Evolução do Entendimento dos Estudantes*. 2009. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais.
- ANDERSON, J. R. *Psicologia Cognitiva – e Suas Implicações Experimentais*. 5 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2004.
- ANDERSON, J. R. Acquisition of Cognitive Skill. *Psychological Review*, v. 89, n. 4, p. 369-406, 1982.
- ANDRICH, D. *Rasch Models for Measurement*. Sage Publications, 1988.
- BEREITER, C.; SCARDAMALIA, M. Educational Relevance of the Study of Expertise. *Interchange*, v. 17, n. 2, p. 10-19, 1986.
- BOND, T.G.; FOX, C. M. *Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human Sciences*. London: LAWRENCE ERLBAUM ASSOCIATES, 2007.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, 2002.
- BORGES, O.; COELHO, G. R. Construindo uma escala para avaliar o entendimento dos estudantes em eletricidade. In: *Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 12, Águas de Lindóia, 2010. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epenf/xii/sys/resumos/T0041-1.pdf>>. Acesso em: 19 de dez. 2010.
- BORGES, O. ; MENDES, I. Um Questionário Sobre o Interesse Pessoal por Temas de Biologia. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 6, Florianópolis, 2007. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/viempec/CR2/p1047.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2010.
- BOULD, M. D.; CRABTREE, N. A.; NAIK, V. N. Assessment of procedural skills in anaesthesia. *British Journal of Anaesthesia*, v. 30, p. 1-12, 2009.
- BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R. (org.) *Como as pessoas aprendem – Cérebro, mente, experiência e escola*. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *Do ensino de segundo grau: leis e pareceres*. Brasília, 1976.

BRASIL. Lei Federal n.º 7044 de 18 de outubro de 1982. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7044.htm> Acesso em: 4 jun. 2011.

BRASIL. Decreto nº 2208 de 17 de abril de 1997. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2208.htm> Acesso em: 4 jun. 2011.

BRASIL. Decreto nº 5154 de 23 de julho de 2004. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/D5154.htm>
Acesso em: 4 jun. 2011.

BRASIL. Lei nº 1174 de 16 de julho de 2008. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11741.htm#art1>
Acesso em: 4 jun. 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. *Catálogo Nacional dos Cursos Técnicos*. Brasília, 2008a. Disponível em:< <http://catalogonct.mec.gov.br/>>. Acesso em: 30 maio 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. *Rede Federal*. Disponível em:
< <http://redefederal.mec.gov.br/>>. Acesso em: 4 jun 2011.

BRUCK, L. B.; TOWNS, M.; BRETZ, S. L. Faculty Perspectives of Undergraduate Chemistry Laboratory: Goals and Obstacles to Success. *Journal of Chemical Education*, v. 87, p.1416, 2010.

CHACHAMOVICH, E. *Teoria de Resposta ao Item: Aplicação do modelo Rasch em desenvolvimento e validação de instrumentos em saúde mental*. 2007. Tese (Doutorado em Ciências Médicas) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CHASE, W. G.; SIMON, H. A. Perception in chess. *Cognitive Psychology*, v. 1, p. 33–81, 1973.

CHEUNG, D Students’ Attitudes Toward Chemistry Lessons: The Interaction Effect between Grade Level and Gender. *Research Science Education*, v.39, p.75–91, 2009.

CHI, M. T. H. Two Approaches to the Study of Experts’ Characteristics IN: ERICSSON, K. A. *et al* (Eds) *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*, cap.2, Cambridge University Press, 2006.

CHI, M. T. H. Laboratory Methods for Assessing Experts’ and Novices’ Knowledge IN: ERICSSON, K. A. *et al* (Eds) *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*, cap.10, Cambridge University Press, 2006a.

- CHI, M. T. H.; FELTOVICH, P.; GLASER, R. Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 1981 apud CHI, M. T. H. Laboratory Methods for Assessing Experts' and Novices' Knowledge IN: ERICSSON, K. A. *et al* (Eds) *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*, cap.10, Cambridge University Press, 2006a.
- COELHO, R.; MOURA, K. S. A. ELIEZER PACHECO – A expansão da rede federal de educação profissional. *Educação Profissional: Ciência e Tecnologia*, v. 4, n. 1, p. 25-28, 2010.
- COHEN, P. *et al*. The Problem of Units and the Circumstance for POMP. *Multivariate Behavioral Research*, v. 34, n. 3, p. 315-346, 1999.
- DANCEY, C. P.; REIDY, J. *Estatística sem matemática para psicologia- Usando SPSS para Windows*. Porto Alegre: Artmed, 2006
- DECI, E. L. *et al*. Motivation in education: the self-determination perspective *The Educational Psychologist*, v. 26, p. 325-346, 1991.
- DECI, E. L.; RYAN, R. M. Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, v. 55, n. 1, p. 68-78, 2000.
- DeMEO, S. Teaching Chemical Technique – A Review of the Literature. *Journal of Chemical Education*, v. 78, p. 373-379, 2001.
- De VRIES, M. J. The Nature of Technological Knowledge: philosophical reflections and educational consequences. *International Journal of Technology and Design Education*, v.15, n. 2, p. 149-154, 2005.
- DOYLE, J. D.; WEBBER, E.M.; SIDHU, R. S. A universal global rating scale for the evaluation of technical skills in the operating room. *The American Journal of Surgery*, v.193, p. 551–555, 2007
- EGAN, D. E.; SCHWARTZ, B. J. Chunking in recall of symbolic drawings, *Memory & Cognition*, v. 7, n. 2, p.149-158,1979.
- ERICSSON, K. A. An Introduction to *Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*: Its Development, Organization, and Content. IN: ERICSSON, K. A. *et al* (Eds) *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*, cap.1, Cambridge University Press, 2006.
- ERICSSON, K. A. Deliberate Practice and Acquisition of Expert Performance: A General Overview. *Academic Emergency Medicine*, v.15, p. 988–994, 2008.
- ERICSSON, K. A.; KRAMPE, R. F.; TESCH-RÖMER, C. The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance. *Psychological Review*, v.100, n. 3, p. 363-406, 1993.

ERICSSON, K. A.; CHARNESS, N. Expert Performance - Its Structure and Acquisition. *American Psychologist*, v. 49, n. 8, p. 725-747, 1994.

ERICSSON, K. A.; LEHMANN, A. C. Expert and Exceptional Performance: Evidence of Maximal Adaptation to Task Constraints. *Annual Review of Psychology*, v. 47, p. 273 –305, 1996.

EYSENCK, M. W.; KEANE, M. T. *Manual de Psicologia Cognitiva*. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

FELTOVICH, P. J.; PRIETULA, M. J.; ERICSSON, K. A. Studies of Expertise from Psychological Perspectives. IN: ERICSSON, K. A. *et al.* (Eds) *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*, cap.4, Cambridge University Press, 2006.

FERREIRA, A. B. H. *et al.* *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1975

FRIEDMAN, Z. *et al.* Objective Assessment of Manual Skills and Proficiency in Performing Epidural Anesthesia—Video-Assisted Validation. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, v. 31, n. 4, p. 304–310, 2006.

FORTIER, M. S.; VALLERAND, R. J.; GUAY, F. Academic Motivation and School Performance: Toward a Structural Model. *Contemporary Education Psychology*, v. 20, p. 257-274, 1995.

GAGNE, M.; DECI, E. L. Self-determination theory and work motivation. *Journal of Organizational Behavior*, v. 26, p.331–362, 2005.

GIMENEZ, S. M. N. *et al.* Diagnóstico das Condições de Laboratórios, Execução de Atividades Práticas e Resíduos Químicos Produzidos nas Escolas de Ensino Médio de Londrina - PR. *Química Nova na Escola*, v. 23, 2006.

GOLDSTEIN, H.; HEALY, M. J. R. The Graphical Presentation of a Collection of Means. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (Statistics in Society)*, v. 158, n. 1, p. 175-177, 1995.

HAGQUIST, C. Evaluating composite health measures using Rasch modelling: an illustrative example. *International Journal of Public Health*, v. 46, p. 369-378, 2001

HAGQUIST, C; ANDRICH, D. Is the Sense of Coherence-instrument applicable on adolescents? A latent trait analysis using Rasch-modelling. *Personality and Individual Differences*, v. 36, p. 955–968, 2004

HAIR, J. F. *et al.* *Análise Multivariada de Dados*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HARRIS, D. C. *Análise Química Quantitativa*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2008.

- HILL, N. M.; SCHNEIDER, W. Brain Changes in the Development of Expertise: Neuroanatomical and Neurophysiological Evidence about Skill Based Adaptations. IN: ERICSSON, K. A. *et al* (Eds) *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*, cap.37, Cambridge University Press, 2006.
- HODSON, D Experiments in science and science teaching. *Educational Philosophy and Theory*, v. 20, n. 2, 1988.
- HOFSTEIN, A.; BEN-ZVI, R.; SAMUEL, D.; TAMIR, P. Attitudes of Israeli high-school students toward chemistry and physics: A comparative study. *Science Education*, v. 61, n. 2, p. 259–268, 1977.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The Role of laboratory in Science Teaching: research implications. *Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Boston, 1980.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, v. 88, n. 1, p. 28-54, 2004.
- HOFSTEIN, A.; SHORE, R.; KIPNIS, M Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: a case study. *International Journal of Science Education*, v. 26, p.47-62, 2004.
- JEFFERY, G. H. *et al.* (Org.) *VOGEL Análise Química Quantitativa*. 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.A., 1992.
- KADIJEVICH, Dj.; HAAPASALO, L. Linking procedural and conceptual mathematical knowledge through CAL. *Journal of Computer Assisted Learning* , v.17, p.156-165, 2001.
- KIRSCHNER, P. A.; MEESTER, A. M. The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*, v.17, p. 81-98 1988.
- LARKIN, J. *et al.* Expert and Novice Performance in Solving Physics Problems. *Science*, v. 208, p. 1335-1342, 1980.
- LINACRE, J. M. *A User's guide to Winsteps Ministep -Rasch-Model Computer Programs. Program Manual 3.70.0*, ISBN 0-941938-03-4, 2010
- LINACRE, J. M. *WINSTEPS® (Version 3.70.0) Rasch measurement computer program*. Beaverton, Oregon, 2010.
- LINACRE, *comunicação pessoal*, 20/02/2010 apud MAIA, E. V. *Desenvolvimento da Aprendizagem sobre Estruturas de Concreto Armado* 161 f.. Tese de Doutorado em Educação. Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte, 2010.
- LUNETTA, V. N.; HOFSTEIN, A.; CLOUGH, M. P. Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and Practice. IN: ABELL, S. K.; LEDERMAN, N. (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*. London: Lawrence Erlbaum Associates, cap.15, p.393-441, 2007.

MAIA, E. V. *Desenvolvimento da Aprendizagem sobre Estruturas de Concreto Armado*. 2010. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais.

MARINHO, R. A. A. *O Uso de Avaliações Escolares Ordinárias para Estudar a Evolução da Competência em Física*. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais.

MARTINELLIE, S. C.; GENARI, C. H. M. Relações entre desempenho escolar e orientações motivacionais. *Estudos de Psicologia*, v. 14, n. 1, p. 13-21, 2009.

MAXWELL, J. P.; MASTERS, R. S. W.; EVES, F. F. The role of working memory in motor learning and performance. *Consciousness and Cognition*, v. 12, p. 376–402, 2003.

McCORMICK, R. Conceptual and Procedural Knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, v. 7, p. 141-159, 1997.

McNAUGHT *et al.* The Effectiveness of Computer-Assisted Learning in the Teaching of Quantitative Volumetric Analysis Skills in a First-year University Course. *Journal of Chemical Education*, v.72, p. 1003-1007, 1995.

MEAD, R. J. A Rasch primer: the measurement theory of Georg Rasch. *Psychometrics services research memorandum 2008-001*, Maple Grove: Data Recognition Corporation, 2008.

MEC. Educação Profissional – Referenciais Curriculares da Educação Profissional de Nível Técnico – Área Profissional: Química, Brasília, 2000.

MEC. Conselho Nacional de Educação. Parecer nº 16/1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/1999/pceb016_99.pdf> Acesso em: 4 jun 2011.

MEC. Conselho Nacional de Educação. Parecer nº 39/2004. Disponível em: <http://www.idep.ac.gov.br/docs/leg_fed/parecer39_04.pdf> Acesso em: 4 jun 2011.

MILLAR, R. A means to an end: the role of processes in science education. IN: WOOLNOUGH, B. (Ed.), *Practical Science*. Milton Keynes: Open University, cap. 5, 1991.

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, vol. 63, 1956 apud STERNBERG, R. J. *Psicologia Cognitiva*. 5 ed americana. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

NAIK, V. N. *et al.* An Assessment Tool for Brachial Plexus Regional Anesthesia Performance: Establishing Construct Validity and Reliability. *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, v. 32, n. 1, p. 41–45, 2007.

NAKHLEH, M. B.; POLLES, J.; MALINA, E. Learning Chemistry in a Laboratory Environment. IN: GILBERT, J. K. *et al* (Eds.). *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, cap.4, p. 69-94, 2002.

NEVES, E. R. C.; BORUCHOVITCH, E. Escala de Avaliação da Motivação para Aprender de Alunos do Ensino Fundamental (EMA). *Psicologia: Reflexão e Crítica*, v. 20, n. 3, p. 406-413, 2007.

NOKES, T. J.; OHLSSON, S. Comparing Multiple Paths to Mastery: What is learned? *Cognitive Science*, v. 29, p. 769-796, 2005.

OLIVEIRA, M. R. N. S. Mudanças no mundo do trabalho: Acertos e desacertos na proposta curricular para o Ensino Médio (Resolução CNE 03/98). Diferenças entre formação técnica e formação tecnológica. *Educação & Sociedade*, v. 70, p. 40-62, 2000.

OHLWEILER, O. A. *Química Analítica Quantitativa*, vol. 2, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 1983

PROCTOR, R.W.; DUTTA, A. *Skill Acquisition and Human Performance*, Londres: Sage, 1995.

RAFTERY, A. E. Bayesian model selection in social research. *Sociological Methodology*, v. 25, p. 111-163, 1995.

RASCH, G. *On Specific Objectivity: An Attempt at Formalizing the Request for Generality and Validity of Scientific Statements*. Disponível em: <<http://www.rasch.org/memo18.htm>>. Acesso em: 4 ago 2008.

REID, N.; SHAH, I. The role of laboratory work in university chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, v. 8, n. 2, p.172-185, 2007.

ROPOHL, G. Knowledge Types in Technology. *International Journal of Technology and Design Education*, v. 7, p. 65-72, 1997.

ROSENBAUM, D. A.; CARLSON, R. A.; GILMORE, R. O. Acquisition of Intellectual and Perceptual-Motor Skills. *Annual Review of Psychology*, v. 52, p.453-70, 2001.

ROSENBAUM *et al*. Perceptual-Motor Expertise. IN: ERICSSON, K. A. *et al* (Eds) *The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance*, cap.1, Cambridge University Press, 2006.

SCHACTER, D. L.; WAGNER, A. D.; BUCKNER, R. L. Memory Systems of 1999 in: TULVING, E.; CRAIK, F. I. M. (Eds) *The Oxford Handbook of Memory*, 2000.

SCHNEIDER, W.; SCHIFFRIN, R. M. Controlled and Automatic Human Information Processing: I. Detection, Search, and Attention. *Psychological Review*, v. 84, n. 1, p.1-66, 1977.

SILVA, F. W. O.; PEIXOTO, M. A. N. Os laboratórios de ciências nas escolas estaduais de nível médio de Belo Horizonte. *Educação & Tecnologia*, v. 8, n. 1, p. 27-33, 2003.

SINGER, J. D.; WILLETT, J. B. *Applied Longitudinal Data Analysis: Modeling Change and Event Occurrence*. New York: Oxford University Press, 2003.

SKOOG, D. A. *et al.* Fundamentos de Química Analítica. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

SNOW, R. E. Aptitude Theory: Yesterday, Today, and Tomorrow. *Educational Psychologist*, v. 27, n. 1, p. 5-32, 1992.

SOBRAL, D. T. Motivação do Aprendiz de Medicina: Uso da Escala de Motivação Acadêmica. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 19, n. 1, p. 025-031, 2003.

STATISTICAL PACKAGE FOR SOCIAL SCIENCES (SPSS), versão 16.0, 2007.

SQUIRE, L. R. Mechanisms of Memory. *Science*, v. 232, p. 1612-1619, 1986

STERNBERG, R. J. *Psicologia Cognitiva*. 5 ed americana. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

STERNBERG, R. J. Metacognition, abilities, and developing expertise: What makes an expert student? *Instructional Science*, v. 26, p. 127–140, 1998.

THAGARD, P. *Mind: Introduction to Cognitive Science*. Cambridge: MIT Press, 2005.

VALLERAND, R.J. *et al.* Construction et validation de l'Échelle de Motivation en Éducation (EME). *Revue canadienne des sciences du comportement*, v. 21, p. 323-349, 1989.

VALLERAND, R. J. *et al.* On the assessment of intrinsic, extrinsic, and amotivation in education: evidence and concurrent and construct validity of the academic motivation scale. *Educational and Psychological Measurement*, v. 53, p. 159-172, 1993.

VALLERAND, R. J. *et al.* The Academic Motivation Scale: a Measure of Intrinsic, Extrinsic, and Amotivation in Education. *Educational and Psychological Measurement*, v. 52, p. 1003-1017, 1992.

VEAL, W. R.; TAYLOR, D.; ROGERS, A. L. Using Self-Reflection To Increase Science Process Skills in the General Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 86, p. 393-398, 2009.

WINOGRAD, T. Frame Representations and the Declarative /Procedural Controversy, IN: BOBROW, D. G.; COLLINS, A, (Eds), *Representation and Understanding – Studies in Cognitive Science*, Academic Press, 1975.

WINTERTON, J.; DELAMARE - LE DEIST, F.; STRINGFELLOW, E. *Typology of Knowledge, Skills and Competences: Clarification of the Concept and Prototype*. CEDEFOP Project, 2005

WIXTED, J. T. The Psychology and Neuroscience of Forgetting. *Annual Review of Psychology*, v. 55, 2004.

WRIGHT, B. D. *Measurement for Social Science and Education: History of Social Science Measurement*, Disponível em: <<http://www.rasch.org/memo62.htm>>. Acesso em: 4 ago 2008.

WRIGHT, B. D.; LINACRE, J. M. *Observations are Always Ordinal; Measurements, however, Must be Interval*. Disponível em: <<http://www.rasch.org/memo44.html>>. Acesso em: 4 ago 2008.

WU, M.; ADAMS, R. *Applying the Rasch model to psycho-social measurement: A practical approach*. Educational Measurement Solutions, Melbourne, 2007.

ANEXO

Escala de motivação acadêmica

Todos os itens visam à coleta de informações. Não há respostas certas ou erradas, portanto, por favor, responda a todos os itens.

TODOS OS DADOS OBTIDOS DESTES QUESTIONÁRIOS SÃO CONFIDENCIAIS

Participante: _____

Por que venho ao CEFET?

Usando a escala abaixo de cada item, indique – por favor – em que extensão cada um dos itens corresponde, atualmente, a uma das razões porque você vem ao CEFET.

1. Porque preciso do diploma, ao menos, a fim de conseguir uma ocupação bem remunerada, no futuro.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
--------------------------------	--------------------	--------------	-----------------	---------------	---------------------	------------------------------

2. Porque sinto satisfação e prazer enquanto aprendo coisas novas.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
--------------------------------	--------------------	--------------	-----------------	---------------	---------------------	------------------------------

3. Porque acho que a formação técnica ajuda a me preparar melhor para a carreira que escolhi.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
--------------------------------	--------------------	--------------	-----------------	---------------	---------------------	------------------------------

4. Porque gosto muito de vir ao CEFET

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
--------------------------------	--------------------	--------------	-----------------	---------------	---------------------	------------------------------

5. Honestamente, não sei; acho que estou perdendo meu tempo no CEFET

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
--------------------------------	--------------------	--------------	-----------------	---------------	---------------------	------------------------------

6. Pelo prazer que sinto quando supero a mim mesmo nos estudos.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
--------------------------------	--------------------	--------------	-----------------	---------------	---------------------	------------------------------

7. Para provar a mim mesmo que sou capaz de completar o curso técnico

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
--------------------------------	--------------------	--------------	-----------------	---------------	---------------------	------------------------------

8. A fim de obter um emprego de prestígio, no futuro.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
--------------------------------	--------------------	--------------	-----------------	---------------	---------------------	------------------------------

9. Pelo prazer que sinto quando descobro coisas novas que nunca tinha visto ou conhecido antes.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

10. Porque o curso me capacitará, no final, a entrar no mercado de trabalho de uma área que eu gosto.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

11. Porque, para mim, o CEFET é um prazer.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

12. Já tive boas razões para isso; agora, entretanto, eu me pergunto se devo continuar.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

13. Pelo prazer que sinto quando supero a mim mesmo em alguma de minhas realizações pessoais.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

14. Por causa do fato que me sinto importante quando sou bem sucedido no CEFET.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

15. Porque quero levar uma boa vida no futuro.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

16. Pelo prazer que tenho em ampliar meu conhecimento sobre assuntos que me atraem.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

17. Porque isso me ajudará a escolher melhor minha orientação profissional.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

18. Pelo prazer que tenho quando me envolvo em debates com professores interessantes.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

19. Não atino (percebo) porque venho ao CEFET e, francamente, não me preocupo com isso.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

20. Pela satisfação que sinto quando estou no processo de realização de atividades acadêmicas difíceis.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

21. Para mostrar a mim mesmo que sou uma pessoa inteligente.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

22. A fim de ter uma boa remuneração no futuro.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

23. Porque meus estudos permitem que continue a aprender sobre muitas coisas que me interessam.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

24. Porque eu creio que a formação técnica aumentará minha competência como profissional.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

25. Pela euforia que sinto quando leio sobre vários assuntos interessantes.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

26. Não sei; não entendo o que estou fazendo no CEFET.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

27. Porque o CEFET me permite sentir uma satisfação pessoal na minha busca por excelência na formação.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

28. Porque quero mostrar a mim mesmo que posso ter sucesso nos meus estudos.

Nenhuma correspondência ()	Muito pouca ()	Pouca ()	Moderada ()	Grande ()	Muito grande ()	Total correspondência ()
-----------------------------------	-----------------------	--------------	-----------------	---------------	------------------------	---------------------------------

Diante do exposto, assinalo com um traço na linha abaixo o grau de minha motivação global para prosseguir nos estudos de Química

0 _____ 100