

ANALISANDO O SABER PROCEDIMENTAL SOBRE MECÂNICA DOS FLUIDOS NA FORMAÇÃO PROFISSIONAL DE TÉCNICOS DE OPERAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS

ANALYZING THE PROCEDURAL KNOWLEDGE ON MECHANICS OF FLUIDS IN TRAINING OIL AND GAS OPERATING TECHNICIANS

Resumo

O estudo tem como finalidade avaliar o saber dos alunos do curso de formação em técnico de operação de petróleo e gás sobre conteúdos de natureza científica e técnica relacionados à mecânica dos fluidos, considerados de destacada importância à prática destes profissionais nos processos tecnológicos e produtivos presentes na indústria de petróleo e gás, onde o saber procedimental se apresenta no enfrentamento de problemas concretos. As ferramentas são aplicadas às respostas dadas a duas questões de natureza procedimental, aplicadas no final do curso de formação. A análise exploratória é desenvolvida a partir da categorização das respostas, na perspectiva docente de avaliação e na Teoria das Habilidades Dinâmicas de K. Fischer. Os resultados apresentados são indicadores de necessidades de novas intervenções didáticas para uma evolução dos saberes relacionados à mecânica dos fluidos, tais como cálculos de vazão e pressão, bem como procedimentos operacionais presentes no processo produtivo.

Palavras chave: saber procedimental, mecânica dos fluidos, avaliação de aprendizagem, formação profissional.

Abstract

The aim of present study is to evaluate the students' knowledge of technical training in operating oil and gas contents on scientific and technical related to fluid mechanics, knowledge considered of particular importance for the practice of this technicians in proceedings technological and productive present in the oil and gas industry, where the procedural knowledge join to solve practical problems. The tools are applied to the responses to two procedural questions applied at the end of the training course. Exploratory analysis is developed from the answers categorization, the teaching evaluation perspective, and the Theory of Skills Dynamics K. Fischer. The results presented are indicators of new educational interventions needs to an evolution of knowledge related to fluid mechanics, such as flow and pressure calculations and operational procedures present in the production process.

Key words: theoretical knowledge, procedural knowledge, learning, methodology, professional training.

Introdução

O processo de construção do conhecimento em conteúdos de mecânica dos fluidos desenrola-se a partir da necessidade de abarcar um corpo de saberes teóricos bem identificado e validado pela comunidade de especialistas (engenheiros e técnicos) em sala de aula.

O estudo dos fluidos tem ampla abrangência de aplicações na engenharia, tais como o funcionamento de bombas, ventiladores, turbinas, escoamento e estocagem de líquidos e gases (fenômenos de transporte), medição de vazão de fluidos e segurança de instalações industriais (WHITE, 2011).

Para AUSUBEL, NOVAK e HANESIAN (1980), o fator mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já conhece. A aprendizagem significativa está subjacente à integração construtiva do pensamento e das ações que levam à capacitação para o fazer, tanto quanto ao compromisso quanto à responsabilidade pelas ações.

Nossa pesquisa original se propõe a investigar a evolução do entendimento de técnicos de operação de petróleo e gás da Escola Técnica da Universidade Petrobras (Campus Salvador) em relação aos conteúdos sobre mecânica dos fluidos, tendo em vista a contraposição entre o saber prático e o saber teórico. Nesse trabalho relatamos a primeira fase da pesquisa, onde realizamos uma análise sobre o conhecimento inicial e final de uma turma do curso. A análise foi realizada a partir da coleta de dados de um teste que procurou acessar o caráter teórico e procedimental dos sujeitos. Utilizamos como ferramenta de análise a TCE - Taxonomia da complexidade do entendimento (AMANTES et al., 2013), construída à luz da Teoria das Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 2006). Os procedimentos foram realizados em dois momentos distintos (ondas): o primeiro, logo após o início do curso de formação e o outro ao final das atividades teóricas em sala de aula.

Aprendizagem sobre mecânica dos fluidos

A aprendizagem dos conceitos e aplicações sobre conteúdos de mecânica dos fluidos é central para o desenvolvimento de algumas profissões (nível superior ou nível médio/técnico), notadamente as relacionadas à engenharia civil, mecânica, hidráulica, naval, aeronáutica, química, petróleo & gás, dentre outras. O conhecimento teórico e prático sobre grandezas físicas como pressão, massa específica, temperatura, vazão, densidade, tensão superficial, viscosidade e energia são relevantes nesse sentido, assim como o entendimento sobre o princípio de Pascal, o princípio dos vasos comunicantes, a relação de Bernoulli, os tipos de escoamento de fluidos (monofásico, multifásico, laminar, turbulento) e a lei dos gases perfeitos. O ensino e o currículo dos cursos de formação desses profissionais devem priorizar o equilíbrio entre o conhecimento ou saber teórico e o conhecimento ou saber em ação (prático) e possibilitar ajustes internos que permitam a boa formação científica e técnica.

No trabalho original, concebemos o saber teórico como um tipo de entendimento sobre conteúdos específicos, em que diversas variáveis cognitivas são interpretadas como um traço latente dinâmico que só pode ser acessado e mensurado através de um conjunto de observáveis que se manifestam no tempo. A mudança ou evolução do entendimento determina o processo de aprendizagem, onde um novo conhecimento é construído através de sucessivas elaborações e reestruturações de um entendimento prévio, envolvendo diferentes

habilidades para relacionar conteúdos, interpretar significados e incorporar novos elementos a este quadro pré-existente (FISCHER, 2006).

O saber procedimental, por sua vez, é caracterizado por um tipo de entendimento que compreende a habilidade de lidar com situações-problemas, aplicando o conhecimento para solucionar questões ou resolver tarefas específicas. Diferentemente do saber teórico conceitual, que compreende um entendimento em termos fenomenológicos e, portanto, fortemente relacionado ao aspecto descritivo, o saber procedimental se refere à aplicação do conhecimento em um contexto subordinado a padrões e regras definidas previamente.

A perspectiva teórica adotada para interpretar a aprendizagem é que ela se refere a uma evolução temporal do entendimento (COELHO, 2010, AMANTES, 2009) demarcada por fases de equilíbrios e desequilíbrios, progressos e retrocessos (FISCHER, 1980). Nesse processo, o entendimento vai se alterando, aumentando, sendo possível estabelecer um caminho de desenvolvimento. Dessa forma, é possível acessar e avaliar a aprendizagem a partir do mapeamento da mudança do entendimento, que pode ser classificado em diferentes instantes de tempo de acordo com seu nível de complexidade. Utilizamos a Teoria de Habilidades Dinâmicas (FISCHER, 1980), que estabelece uma hierárquica de complexidade para delimitar atributos latentes, para estabelecer um sistema categórico de classificação do entendimento alcançado.

Metodologia

O desenho da pesquisa original prevê múltiplas ondas de medidas, de forma a capturar as mudanças ou variações e propor atividades sensíveis à variabilidade dos caminhos percorridos pelas pessoas (FISCHER & BIDELELL, 2006). A identificação da variabilidade nos padrões de desenvolvimento requer escalas de medidas que capturem altos e baixos valores das variáveis em questão. Nesse aspecto, os modelos Rasch são adequados à construção de escalas onde cada sujeito pode ser avaliado para determinar seu caminho particular de desenvolvimento (WU & ADAMS, 2007).

Coleta de dados

O presente trabalho tem natureza exploratória, com abordagem qualitativa, iniciando-se por uma turma do curso de formação de técnicos de operação de petróleo e gás (TO) da Escola Técnica da Universidade Petrobras, Campus Salvador/BA. Esse curso foi programado para turmas com 20 alunos, egressos de processo seletivo público específico, com exigência básica de diploma oficial (validação pelo MEC) em curso técnico de Escolas Regulares. Possui carga horária de 448 horas (teóricas), mais um período de estágio (80 horas) realizados durante 5 meses, com avaliações de caráter eliminatório, em cada disciplina e no estágio (prático vivencial).

O estudo é parte de uma pesquisa original mais ampla, onde serão analisadas as respostas a questões sobre conteúdos de mecânica dos fluidos, em três momentos distintos do itinerário formativo do técnico de operação (início e fim do curso de formação, e doze meses após o término desse curso). O instrumento também será aplicado aos técnicos de operação que já estão em pleno desenvolvimento (cinco anos de trabalho efetivo na atividade). As respostas serão estudadas separadamente e comparativamente às demais já mencionadas, momento em

que serão avaliadas as evoluções no entendimento dos conteúdos já explicitados. O instrumento é formado por itens sobre o entendimento conceitual, de realização de cálculos e de detalhamentos procedimentais diante de situações-problemas vivenciados na prática comum dos técnicos de operação de petróleo e gás, no cotidiano produtivo. A pesquisa original (modalidade *descritiva de caso* e método *quali-quantitativo*) tem o seguinte desenho de coleta e análise de dados:

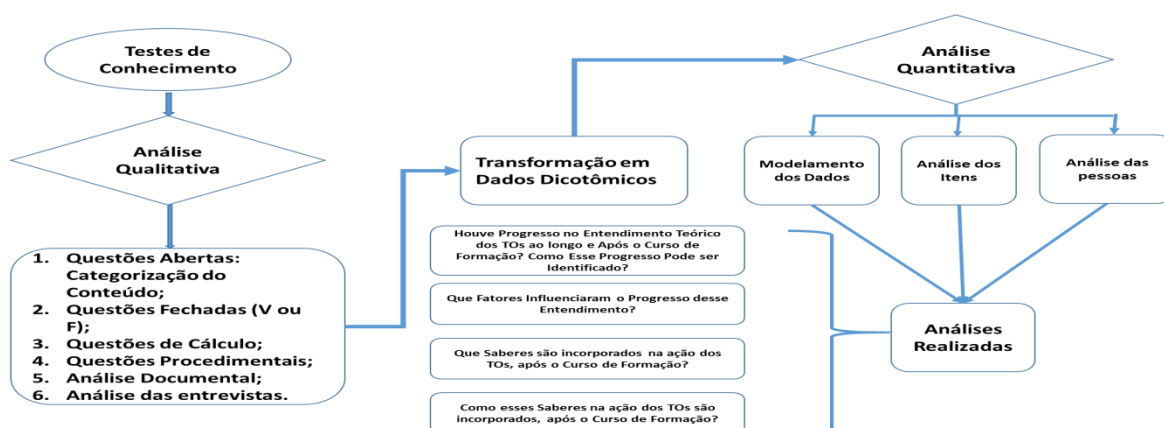
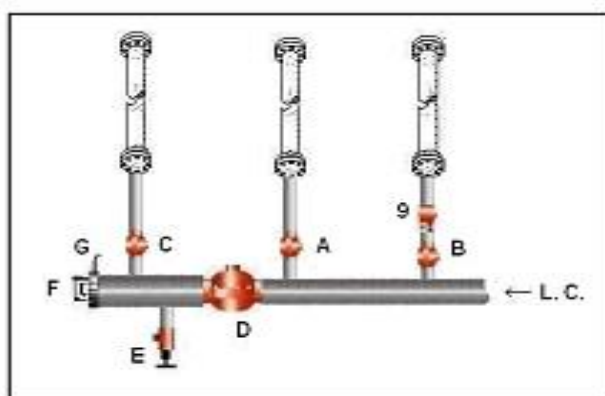


Figura 1: Coleta e análise de dados da pesquisa original

No presente trabalho, são analisadas duas das questões aplicadas ao final do curso, ambas de natureza procedimental, sendo a primeira envolvendo conteúdos de cálculo sobre ‘vazão’ (questão 1 apresentada abaixo), e a segunda referindo-se a uma situação-problema de natureza prática (questão 2 apresentada). A análise exploratória é feita no sentido de comparar qualitativamente esses entendimentos de caráter procedimental, a fim de avançar na pesquisa e propor novas análises e correlações.

Questão 1: “Para encher um tanque de 120 m^3 , utiliza-se um tubo com seção transversal de $3,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Sabendo-se que a vazão é de $6,0 \text{ l/s}$, qual o tempo necessário para encher o tanque”

Questão 2: “A figura abaixo representa um ‘header’ da câmara recebedora de ‘pig’ em uma estação coletora de produção de fluido. Utilizando as descrições dos elementos da instalação (legenda), qual a sequência de ações você executaria para receber um ‘pig’ em segurança?”



Legenda:
A = Válvula do header de teste
B = Válvula do header de produção
C = Válvula do header de pig
D = Válvula de recebimento de pig
E = Válvula de dreno da câmara recebedora de pig
F = Tampa articulada da câmara recebedora de pig
G = Dispositivo de segurança (trava e alívio de pressão), da câmara recebedora de pig
L. C. = Linha de coleta
9 = Checkvalve da linha de coleta. Uso obrigatório: poço abaixo da cota do satélite ou estação.

Figura 2: Fonte: Elaborada pelos autores.

Análise e resultados

A análise dos testes de conhecimento foi realizada a partir de método qualitativo, através da categorização das respostas em níveis hierárquicos de complexidade estabelecidos pela Taxonomia da Complexidade do Entendimento (TCE- AMANTES et al., 2013). As categorizações dos dados obtidos (respostas) para as duas questões apresentam-se na forma abaixo (tabelas 1 e 2). A escala qualitativa hierárquica compreende uma estrutura compatível com a escala do tipo Guttman (1944), em que cada resposta enquadrada em um nível de entendimento pressupõe o entendimento do nível anterior:

Níveis de entendimento sobre ‘cálculo de vazão’ – ETQ1 a ETQ3:

Questão 1 - ‘Para encher um tanque de 120 m^3 , utiliza-se um tubo com seção transversal de $3,0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Sabendo-se que a vazão é de $6,0 \text{ l/s}$, qual o tempo necessário para encher o tanque?’	Níveis
Não explicita a equação de vazão e nem a transformação de unidades necessária.	ETQ1
Explicita a equação de vazão ou a transformação de unidades necessária.	ETQ2
Explicita a equação de vazão bem como a transformação de unidades necessária.	ETQ3

Tabela 1: Níveis de entendimento sobre ‘cálculo de vazão’ obtidos a partir das respostas à questão 1.

Níveis de entendimento sobre: ‘etapas do procedimento operacional adequado’ (OPET1 a OPET7); ‘comportamento da variável pressão’ – OPPR1 a OPPR3, e ‘comportamento da variável vazão’ – OPVA1 a OPVA4:

Questão 2- Procedimento operacional ‘Header Recebedor de Pig’	Níveis
Nenhuma etapa citada (resposta em branco) ou a etapa 1 citada fora da ordem.	OPET1
Etapa 1 citada primeiramente; etapas 2 a 7 invertidas	OPET2
Etapas 1 e 2 citadas primeiramente; etapas 3 a 7 invertidas	OPET3
Etapas 1, 2 e 3 citadas primeiramente; etapas 4 a 7 invertidas	OPET4
Etapas 1, 2, 3 e 4 citadas primeiramente; etapas 5 a 7 invertidas	OPET5
Etapas 1, 2, 3, 4 e 5 citadas primeiramente; etapas 6 e 7 invertidas	OPET6
Todas as etapas citadas na ordem correta	OPET7
Não explicita entendimento do comportamento da variável pressão na operação	OPPR1
Explicita parcialmente o comportamento da variável pressão na operação	OPPR2
Explicita completamente o comportamento da variável pressão na operação	OPPR3
Não explicita entendimento do comportamento da variável vazão na operação	OPVA1
Explicita parcialmente o comportamento da variável vazão na operação	OPVA2
Explicita completamente o comportamento da variável vazão na operação	OPVA3

Tabela 2: Níveis de entendimento sobre ‘procedimento operacional header recebedor de pig’, ‘comportamento da variável pressão’ e ‘comportamento da variável vazão’, obtidos a partir das respostas à questão 2.

A partir dessa ferramenta, avaliamos o entendimento, com base nos escores obtidos, para descrever sua evolução em relação ao cálculo de vazão (Questão 1) e às etapas de procedimento operacional, ao comportamento das variáveis pressão e vazão,

interrelacionadas em uma situação problema (processo físico, Questão 2), ao final do curso de formação de técnicos de operação de petróleo e gás.

Exploração dos dados

Utilizando-se a estatística descritiva, os resultados obtidos, em respostas certas (nº de respostas do teste no final do curso = 17) são mostrados abaixo:

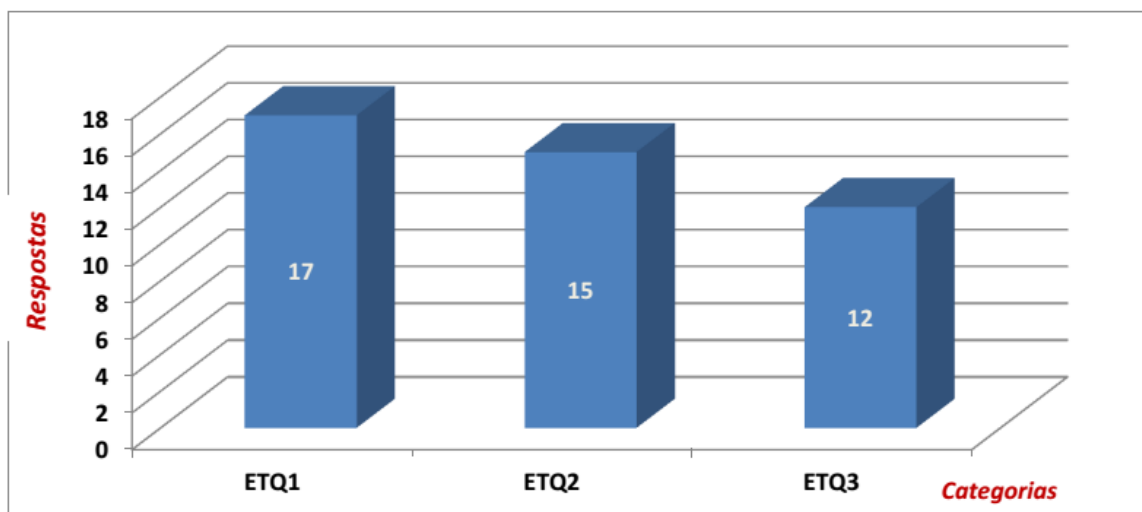


Figura 3: Entendimento sobre ‘cálculo de vazão’.

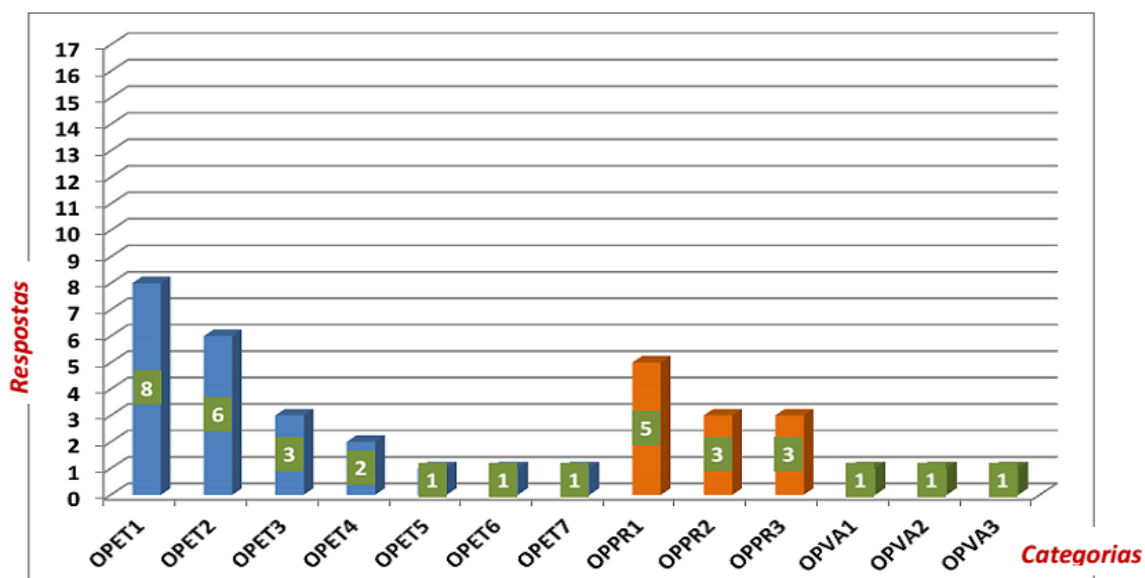


Figura 4: Entendimento sobre as variáveis ‘etapas do procedimento operacional’, ‘pressão’ e ‘vazão’.

Na onda de mensuração aqui observada (final do curso de formação), constatam-se patamares diferenciados de entendimento para os alunos. Em relação ao cálculo de vazão proposto na questão 1 (ETQ), os resultados apontam para um nível aceitável de entendimento dos alunos (figura 3), uma vez que 12 entre 17 encontram-se na categoria ETQ3, ao final do curso de

formação, sugerindo que as aulas teóricas proferidas ao longo do curso de formação tiveram efeito positivo para a aprendizagem mais aprofundada do conceito de vazão.

No que se refere à questão 2 (figura 4), os escores obtidos na categoria que diz respeito à compreensão das etapas a serem seguidas no manejo das válvulas para a correta e segura ‘passagem do pig’ (OPET) – 8 em 17 sujeitos conseguiram ‘iniciar’ o procedimento, e apenas 1 dentre os 17 conseguiu completar todas as etapas da operação, na sequência correta e segura, sinalizando a necessidade de investimento em carga horária adicional (procedimental prática), mesmo após o cumprimento curricular do Curso de Formação. Esse resultado que será investigado mais detalhadamente na pesquisa ampla (terceira onda de medição - avaliação da retenção -, e entrevistas).

Em relação às variáveis pressão (OPPR) e vazão (OPVA), os escores que representam os entendimentos dos sujeitos foram pouco significativos, como mostram os resultados apresentados pela figura 4, sugerindo a necessidade de uma adequada revisão programática desses conceitos de suas aplicações práticas, ao longo do percurso profissional, após o curso de formação.

Considerações finais

O sistema de categorias adotado no trabalho foi construído com o objetivo de avaliar o entendimento dos alunos no curso de formação de técnicos de operação de petróleo e gás, e se mostrou satisfatória para acessar e avaliar qualitativamente o entendimento em diferentes momentos, o que possibilita investigar o processo de aprendizagem.

Os resultados até então mostrados (estatística descritiva) sinalizam um adequado entendimento teórico procedimental dos alunos a respeito dos comportamentos da variável vazão (cálculo), diante da situação-problema proposta (questão 1). Essa avaliação preliminar não se configurou quanto ao entendimento prático procedimental, diante de uma outra situação-problema apresentada (questão 2), que será analisada mais profundamente na pesquisa ampliada, a partir de ferramentas quantitativas baseadas no modelo RASCH, com os dados adicionais oriundos do ‘teste de retenção’ e das entrevistas previstas pela pesquisa original.

A etapa seguinte da pesquisa buscará avaliar qualitativamente e quantitativamente as mudanças no entendimento dos alunos em conteúdos de mecânica dos fluidos relacionados a outros conceitos, tais como massa específica, nº de Reynolds, escoamento de fluidos, medição de vazão e conservação da energia, durante o curso de formação e também após o seu término, com o intuito de verificar as influências do contexto vivencial do técnico de operação, no enfrentamento de situações concretas de trabalho, comparando o saber teórico com o saber prático, adquiridos ao longo do percurso profissional desses técnicos.

Referências

- AUSUBEL, D. P, NOVAK, J.D e HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AMANTES, Amanda. *Contextualização no Ensino de Física: efeitos sobre a Evolução do entendimento dos estudantes*. Tese de Doutorado, UFMG, 2009, 275p.
- COELHO, G. R.; BORGES, O. *Construindo uma escala para avaliar o entendimento dos estudantes em eletricidade*. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, XII, Águas de Lindóia, SP, 2010. IN Atas.

FISCHER, K. W. *A Theory of Cognitive Development: The Control and Construction of Hierarchies of Skills*. Psychological Review, 1980. v. 87, p. 477-531.

FISCHER, K. W. *Dynamic cycles of Cognitive and Brain development*. In: BATTRO, A. M.; FISCHER, K. W. (Eds.). **The educated brain**. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press. 2006.

FISCHER, K. W.; BIDELELL, T. R. *Dynamic development of action, thought, and emotion*. In: DAMON, W.; LERNER, R. M. (Ed.s). **Theoretical models of human development**. Handbook of child psychology. 6 ed. New York: Wiley, 2006. v.1, p. 313-399.

GUTTMAN, L. *A basis for scaling qualitative data*. American Sociological Review, n. 9, v. 2, 1944.

NOVAK, Joseph David. *Apreender, criar e utilizar o conhecimento: Mapas conceptuais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas*. Lisboa: Plátano edições técnicas, 1998.

WHITE, Frank M. *Mecânica dos Fluidos*. 6ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 880p.

WU, Margaret; ADAMS, Ray. *Applying the Rasch Model to Psycho-Social Measurement. A Practical Approach.*, Melbourne: Educational Measurement Solutions, 2007.