

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

PRISCILA MAIA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO USO DE FERRAMENTAS DE APOIO À TOMADA
DE DECISÃO COMO ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO DA TÉCNICA
ANALÍTICA PARA CONTROLE DE PROCESSOS QUÍMICOS**

**RIO DE JANEIRO
2013**

PRISCILA MAIA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO USO DE FERRAMENTAS DE APOIO À TOMADA
DE DECISÃO COMO ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO DA TÉCNICA
ANALÍTICA PARA CONTROLE DE PROCESSOS QUÍMICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em
Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Mestre em Ciências (Química)

**Orientadores: Dr. Marcio Contrucci Saraiva de Matos
Dr. Carlos Alberto da Silva Riehl**

**Rio de Janeiro
2013**

PRISCILA MAIA PEREIRA

**AVALIAÇÃO DO USO DE FERRAMENTAS DE APOIO À TOMADA
DE DECISÃO COMO ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO DA TÉCNICA
ANALÍTICA PARA CONTROLE DE PROCESSOS QUÍMICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação em
Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Mestre em Ciências (Química)

Aprovada em:



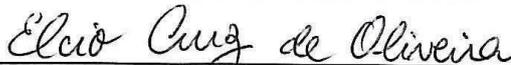
Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva Riehl (Presidente) – DQA/IQ/UFRJ



Prof. Dr. Marcio Contrucci Saraiva de Matos – DQO/IQ/UFRJ



Prof^a. Dra. Monica Costa Padilha – DQA/IQ/UFRJ



Dr. Elcio Cruz de Oliveira – PETROBRÁS TRANSPORTE S.A.



Prof. Dr. Marcene Augusto Leal de Oliveira – DQ/UFJF

P436

Pereira, Priscila Maia.

Avaliação do uso de ferramentas de apoio à tomada de decisão como estratégia de seleção da técnica analítica para controle de processos químicos. / Priscila Maia Pereira. – Rio de Janeiro : UFRJ, 2013.

76 f., il.

Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Química, 2013.

Orientadores: Marcio Contrucci Saraiva de Matos e Carlos Alberto da Silva Riehl.

1. Espectroscopia. 2. Derivados de petróleo. 3. Propriedades físicas. 4. Transporte por polidutos. 5. Gestão. I. Matos, Marcio Contrucci Saraiva de. II. Riehl, Carlos Alberto da Silva. III. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação em Química. IV. Título.

CDD 543

Dedicatória

Dedico este trabalho
à minha pequena Valentina que me ensinou o que é o amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e por permitir que eu continue aprendendo.

Ao prof. Marcio, por me aceitar como aluna. Obrigada!

Ao prof. Carlos Alberto da Silva Riehl, por todos esses anos de convivência, pela paciência e compreensão nos momentos difíceis, por sempre acreditar que, de alguma forma, seria possível.

À prof^a Paula que “salvou a minha vida” confiando a mim este trabalho. Por me ajudar a tornar possível. Por toda atenção, carinho, dedicação e torcida, um milhão de vezes, obrigada.

Ao Dr. Élcio, por permitir que eu participasse deste estudo que me apresentou uma “nova visão” da Química.

À Dilene, pela ajuda com as matrizes.

À prof^a Mônica, pelo apoio, torcida e momentos de descontração na sala da Paula.

Às colaboradoras do LEMA, Adriana e Ana Carolina, por suportarem minhas ausências nos últimos meses.

Aos amigos, Humberto e Adriana, que aturaram minhas chatices e animaram meu horário de almoço tornando as coisas mais leves.

À amiga Michelle, por toda torcida carinhosa.

Às amigas, Rosana, Thalia, Cláudia, Roberta e Bia que de alguma forma se preocuparam e torceram por mim.

À amiga Kelley, minha irmã do coração, por suas orações, carinho e atenção de sempre. Obrigada!

À minha irmã Patrícia, ao meu cunhado Fernando e em especial ao meu sobrinho Bernardo por suportarem minha ausência, por todo amor, carinho e torcida.

À minha mãe, Marisa, por me apoiar sempre e por toda ajuda com a Valentina na etapa final deste trabalho. Obrigada!

Ao meu marido, Fabio, por me aturar todas as vezes que fiquei estressada (e não foram poucas), por não me deixar desistir, por ser esse pai maravilhoso e participativo. Muito obrigada!

À minha filha Valentina, por cada sorriso seu tornar meu dia mais feliz.

Ao Benzeno, meu cãozinho, que me fez companhia dia e noite enquanto eu escrevia este trabalho.

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original.”
(Albert Einstein)

RESUMO

PEREIRA, Priscila M. **Avaliação do uso de ferramentas de apoio à tomada de decisão como estratégia de seleção da técnica analítica para controle de processos químicos**. Rio de Janeiro, 2013. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

É notório que no controle de processos químicos industriais é possível ter várias formas de monitoração. Esta monitoração, em geral, é avaliada por meio de instrumentos cujos sinais permitem ao operador tomar uma decisão em relação à continuação, ou não, do processo. De uma forma geral, esses operadores não têm um conhecimento químico nem de engenharia que permitam que eles tomem decisões baseados em informações técnicas.

Assim, a resposta analítica utilizada para controlar processos químicos tem que ser de fácil compreensão permitindo uma ação rápida e simples, além de ser preferencialmente de baixo custo, de fácil manutenção e controle.

Na literatura, sabe-se que existem técnicas não só instrumentais, mas também mecânicas de controle de processos industriais. Elas são usadas, por exemplo, em processos de transporte de fluidos, seja na indústria farmacêutica, química, petroquímica, de alimentos, entre outras. Estas técnicas podem ser análises cromatográficas, espectroscópicas e/ou físicas. Algumas destas têm respostas simples, outras são caras e têm respostas mais complexas, outras são de difícil controle e manutenção.

Em uma primeira observação, nenhuma delas pode atender a todas as necessidades do controle de um processo. A tomada de decisão fica muito mais difícil e acaba sendo feita por apenas um critério, como: custo, praticidade, manutenção, etc. Fazendo um paralelo com processos econômicos, este tipo de problema tem sido resolvido a partir de ferramentas de avaliação de análise de cenário que permitem balancear critérios econômicos, facilitando a decisão da melhor forma de controlar um processo, que pode, por exemplo, ser de abertura de um negócio.

A proposta deste trabalho é, então, sugerir uma estratégia de aplicação destas ferramentas para a seleção da técnica para controle de processos industriais ou investimentos no laboratório e aplicar em um problema real avaliando sua eficácia. O processo no qual estas ferramentas foram aplicadas foi o transporte de

derivados de petróleo por polidutos e a estratégia, neste estudo de caso, mostrou que existem ferramentas mais adequadas do que outras ao controle de processos químicos e que o resultado da aplicação das mesmas depende dos critérios avaliados, do bom senso das pessoas que as aplicam e do conhecimento sobre o processo e sobre técnicas analíticas e/ou mecânicas de controle.

Palavras-chave: Espectroscopia; Derivados de petróleo; Propriedades físicas; Transporte por polidutos; Gestão.

ABSTRACT

PEREIRA, Priscila M. **Avaliação do uso de ferramentas de apoio à tomada de decisão como estratégia de seleção da técnica analítica para controle de processos químicos**. Rio de Janeiro, 2013. Dissertação (Mestrado em Química) - Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

It is widely known that regarding industrial processes control, there are numerous monitoring possibilities. In general, monitoring is evaluated through instruments which signals will allow the operator to take a decision with respect to the continuity of the process. Usually, these operators do not have a background in chemistry or engineering to allow their decision making to be based on technical information.

Therefore, the analytical response used to control chemical processes must be of easy understanding allowing a quick and simple action, besides being preferentially low cost, easy maintenance and control.

In literature, several industrial processes control techniques are mentioned: not only instrumental but also mechanical ones. These techniques are used, for instance, in fluid transportation processes, across a wide variety of industries: pharmaceutical, chemical, petrochemical, food, among others. These techniques could be chromatographic, spectroscopic and/or physical analysis. Some techniques have simple responses, others are expensive and have more complex responses, and some others have difficult control and maintenance.

The responses may not meet all the needs of process control. Decision making gets more difficult and ends up focusing on only one criterion: cost, maintenance, convenience, etc. In parallel with economic processes, these type of problems have been solved through strategical planning tools, which allow balancing these criteria, making easier to decide the best way to control a process.

Therefore the proposal of this work is to suggest a strategy to apply these tools in order to select the technique for either industrial process control or laboratory investment, and use it in a real problem. This strategy to feasibility. The case study is the oil products transport through multi-products pipelines. The strategy in this case study points out that there are more suitable tools than others depending on the assessed criteria, people good reasoning and also the knowledge about the process and analytical techniques.

Keywords: Spectroscopy; petroleum products; physical proprieties; pipeline; management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Correlação de variáveis na matriz SWOT, adaptado de Tifany, 2000.	22
Figura 2: Matriz de decisão genérica.	24
Figura 3: Estratégia de aplicação das ferramentas de análise de cenário e de MCDM para seleção de técnicas analíticas.	26
Figura 4: Operação em um sistema de polidutos. Adaptada de Herrán, 2010.....	28
Figura 5a: Matriz SWOT com as técnicas analíticas e notas para cada aspecto....	45
Figura 5b: Matriz SWOT com as técnicas analíticas e notas para cada aspecto. ..	46
Figura 5c: Matriz SWOT com as técnicas analíticas e notas para cada aspecto....	47
Figura 6: Matriz de decisão das técnicas OID e IV (NIR e MID).	56
Figura 7: Desempenho na área aplicação – extraído da figura 6.....	57
Figura 8: Desempenho na área tratamento de dados – extraído da figura 6.....	57
Figura 9: Desempenho na área equipamento – extraído da figura 6.	58
Figura 10: Desempenho na área manutenção – extraído da figura 6.	59
Figura 11: Gráfico do número de equipamentos de OID adquiridos no mundo ao longo dos últimos 12 anos.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pontuação atribuída para o grau de influência entre os aspectos e cada cruzamento de quadrante.	31
Tabela 2: Capacidade ofensiva e defensiva, definição/interpretação.....	33
Tabela 3: Escala de posicionamento estratégico global.....	33
Tabela 4: Artigos para seleção de técnica analítica para corte de interface.	37
Tabela 5: Distribuição dos trabalhos pelo tipo.....	39
Tabela 6: Origem dos trabalhos avaliados.	40
Tabela 7: Lista das técnicas analíticas mais usadas em trabalhos referentes a corte de interface.	40
Tabela 8: Dados da matriz SWOT.....	48
Tabela 9: Situação das técnicas analíticas em função do cálculo do PEG.	50
Tabela 10: Peso das áreas.....	51
Tabela 11: Pesos dos critérios	53
Tabela 12: Interpretação das notas.....	54
Tabela 13: Atribuição de valores para o critério “ <i>Custo de implantação da técnica</i> ”.	61
Tabela 14: Atribuição de valores para o critério “ <i>Custo de manutenção da técnica</i> ”.	62
Tabela 15: Atribuição de valores para o critério “ <i>Possibilidade de instalação em linha</i> ”.	63
Tabela 16: Atribuição de valores para o critério “ <i>A tecnologia é bem estabelecida</i> ”.	65
Tabela 17: Atribuição de valores para o critério “ <i>O sinal gerado atende os parâmetros de exigência das medidas</i> ”.	66
Tabela 18: Atribuição de valores para o critério “ <i>Há necessidade de interpretação do sinal/resposta para tomada de decisão</i> ”.	68
Tabela 19: Desempenho das técnicas OID e IV (NIR e MID).....	69

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Função desejo de Derringer genérica	24
Equação 2: Transformação de critérios em funções	24
Equação 3: Fórmula da densidade do quadrante I	29
Equação 4: Fórmula da densidade do quadrante II	30
Equação 5: Fórmula da densidade do quadrante III	30
Equação 6: Fórmula da densidade do quadrante IV	30
Equação 7: Cálculo da nota na matriz de decisão	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Representação gráfica da função para o critério “ <i>Custo de implantação da técnica</i> ”	61
Gráfico 2: Representação gráfica da função para o critério “ <i>Custo de manutenção da técnica</i> ”	62
Gráfico 3: Representação gráfica da função para o critério “ <i>Possibilidade de instalação em linha</i> ”	63
Gráfico 4: Representação gráfica da função para o critério “ <i>A tecnologia é bem estabelecida</i> ”	65
Gráfico 5: Representação gráfica da função para o critério “ <i>O sinal gerado atende aos parâmetros de exigência das medidas</i> ”	66
Gráfico 6: Representação gráfica da função para o critério “ <i>Há necessidade de interpretação do sinal/resposta para tomada de decisão</i> ”	67

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

5W2H	<i>What, Who, Why, Where, When, How, How much</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
ANP	<i>Analytic Network Process</i>
CD	Capacidade defensiva
CENPES	Centro de pesquisa Leopoldo Miguez de Melo
CO	Capacidade ofensiva
D	Valor da função desejo de Derringer
d	Valor do fator que compõe a função desejo de Derringer
DQI	Densidade do quadrante I
DQII	Densidade do quadrante II
DQIII	Densidade do quadrante III
DQIV	Densidade do quadrante IV
ELECTRE	<i>Elimination and Choice Translating Reality</i>
EPI	Equipamento de proteção individual
FDA	<i>Fuzzy Decision Approach</i>
GUT	Gravidade, Urgência e Tendência
MACBETH	<i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>
MCDM	Decisão multicritério (<i>Multicriteria Decision Making</i>)
n	Número de fatores da função desejo de Derringer
N°am	Número de ameaças
N°op	Número de oportunidades
N°Pf	Número de pontos fracos
N°PF	Número de pontos fortes
nt	Nota final da técnica por critério avaliado
OID	<i>Optical Interface Detector</i>
pa	Peso da área
pc	Peso do critério
PEG	Posicionamento estratégico global
r	Coeficiente da função desejo de Derringer
SMS	Saúde, meio ambiente e segurança
SWOT	<i>Strenghts, Weakness, Opportunities e Threats</i>
TOPSIS	<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
z	Nota da técnica por critério avaliado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	20
2.1.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1.	FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE CENÁRIO	21
3.1.1.	MATRIZ SWOT	21
3.2.	FERRAMENTAS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	23
3.2.1.	MATRIZ DE DECISÃO	23
3.2.2.	FUNÇÃO DESEJO DE DERRINGER (D)	24
4	METODOLOGIA	26
4.1.	PROPOSTA DE ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO DE TÉCNICA ANALÍTICA PARA LABORATÓRIO, INDÚSTRIA E PESQUISA	26
4.2.	SELEÇÃO DO ESTUDO DE CASO	27
4.3.	SELEÇÃO DAS FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE CENÁRIOS E DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	29
4.3.1.	MATRIZ SWOT	29
4.3.2.	MATRIZ DE DECISÃO	33
4.3.3.	FUNÇÃO DESEJO DE DERRINGER	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1.	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	36
5.2.	SELEÇÃO DAS TÉCNICAS ANALÍTICAS	40
5.3.	APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS - MATRIZ SWOT	42
5.4.	APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO	51
5.4.1.	MATRIZ DE DECISÃO	51
5.4.2.	FUNÇÃO DESEJO DE DERRINGER	60
6	CONCLUSÕES	70
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1 INTRODUÇÃO

É notório que muitas vezes no controle de processos químicos é possível ter vários caminhos. Esses caminhos, em geral, são feitos por meio de instrumentos cujos sinais permitirão ao operador tomar uma decisão em relação à continuação, ou não, do processo. De uma forma geral, esses operadores não têm um conhecimento químico, nem de engenharia, que permitam que eles tomem decisões baseados em quaisquer informações (alta complexidade do sinal).

Assim, qualquer resposta analítica tem que ser de fácil compreensão permitindo uma ação mais rápida. Além disso, a resposta analítica usada como controle do processo precisa ser simples. Isso gera um problema, pois a técnica analítica utilizada para controlar o processo tem que ser rápida, simples, de baixo custo preferencialmente, de fácil manutenção e controle e, se possível, análises não destrutivas. No caso de laboratório de prestação de serviços ou centro de pesquisa, este problema é minimizado, uma vez que as pessoas que operam os equipamentos são profissionais especializados.

No entanto, muitas vezes, é necessário definir qual a técnica analítica que deve ser usada seja para prestação de serviço, controle de processo químico, ou no desenvolvimento de pesquisa. A seleção da técnica depende de vários fatores, entre eles: custo de implantação, manutenção, meio ambiente, saúde e segurança do analista/operador, complexidade de obtenção do sinal analítico, resistência dos profissionais à mudança, nível de conhecimento para aplicar a técnica, eficiência, confiabilidade e etc.

Em geral, os critérios que norteiam a decisão final são o custo e o nível de conhecimento necessário à implantação e implementação da técnica analítica, sendo os outros negligenciados. Além disso, muitas vezes uma determinada técnica não atende completamente todas as características/critérios desejados.

Fazendo um paralelo com o cenário de macro e micro economias, pode-se perceber que o mesmo tipo de decisão também deve ser tomada. Porém, a tomada de decisão se refere à implantação, à mudança de escala, à mudança de ramo ou a localização de um negócio.

Neste contexto, algumas ferramentas desenvolvidas para análise de cenários e de decisão multicritério têm sido usadas com relativo sucesso (Porter, 1992). Algumas dessas ferramentas são:

-Análise de cenário

- Matriz SWOT (Wright, 2004)
- 5W2H (Alonso, 2013)
- GUT

-Decisão multicritério (MCDM- *multicriteria decision making*)

- Função desejo de Derringer (Keller, 1991)
- Matriz de decisão (Salomon, 2004)

A construção e aplicação destas ferramentas dependem fortemente do conhecimento que o profissional tem sobre o processo. Algumas permitem decidir sobre a viabilidade da implantação ou mudança a ser realizada, enquanto outras permitem definir a melhor forma de implementar ou mudar o negócio.

No cenário da Química não existem, explicitamente, ferramentas semelhantes para decidir em que técnica analítica investir. Alguns trabalhos publicados começam timidamente a fazer uso da matriz SWOT na decisão sobre seleção de dietas nutricionais (Plaza-Diaz, 2013), aproximação de métodos de análise aos doze princípios da Química verde (Ribeiro, 2012), ou ainda avaliar a viabilidade econômica da implantação de diferentes processos para produção de fluidos supercríticos (Fernandez-Ronco, 2013).

As decisões, na grande maioria das vezes, não são fáceis de serem tomadas e as escolhas acabam sendo feitas de forma menos formal. A consequência disto pode ser a subutilização da técnica depois de implantada, seja pela pouca robustez, seja pela dificuldade de manutenção e de peças de reposição.

Por esta razão, este trabalho propõe uma estratégia para abordar situações de tomada de decisão, usando ferramentas de análise de cenário e ferramentas de decisão multicritério, com algumas pequenas adaptações, permitindo uma escolha que contemple um cenário mais abrangente.

2 OBJETIVOS

Propor uma estratégia de aplicação de ferramentas de análise de cenários como seleção da técnica analítica para controle de processos químicos industriais e investimentos laboratoriais.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Selecionar as ferramentas de análise de cenários e de decisão multicritério que possam ser úteis ao controle de processos químicos.
2. Construir a estratégia de aplicação usando as ferramentas selecionadas.
3. Escolher um exemplo de um processo industrial e aplicar as ferramentas.
4. Fazer uma avaliação qualitativa da eficácia da estratégia proposta usando o exemplo escolhido.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE CENÁRIO

Várias ferramentas são utilizadas para análise de cenários econômicos. Elas auxiliam na tomada das melhores decisões estratégicas sobre suas atividades. A análise de cenários é necessária para tomada de decisão relativa às questões pretendidas, procurando averiguar a consistência da decisão perante uma gama de futuros imaginados para, por exemplo, o início de um processo ou a ampliação de um laboratório.

As ferramentas mais utilizadas são a matriz SWOT ou FFOA, matriz GUT e 5W2H. Dentre estas a que mais se utiliza em trabalhos publicados na área de química é a matriz SWOT (Ribeiro, 2012).

3.1.1. MATRIZ SWOT

A matriz SWOT é uma ferramenta utilizada no planejamento estratégico de uma empresa, uma indústria, um laboratório e etc. Permite encontrar e classificar as forças e fraquezas, bem como as oportunidades e ameaças de mercado no momento atual. O termo SWOT é uma sigla do idioma inglês que indica a primeira letra das palavras **Strengths**, **Weakness**, **Opportunities** e **Threats**. Em português significa pontos **Fortes**, pontos **Fracos**, **Oportunidades** e **Ameaças**. Esta técnica foi criada por Kenneth Andrews e Roland Christensen, professores da Harvard Business School. Entretanto, há relatos de que a idéia da matriz SWOT já era utilizada há mais de três mil anos quando cita em uma epígrafe um conselho de Sun Tzu: “Concentre-se nos pontos fortes, reconheça as fraquezas, agarre as oportunidades e proteja-se contra as ameaças” (Tarapanoff, 2001).

Segundo Serra, Torres e Torres (2004, p. 28) “a função primordial da aplicação da matriz *SWOT* é possibilitar a escolha de uma estratégia adequada – para que se alcancem determinados objetivos – a partir de uma avaliação crítica dos ambientes internos e externos”. A idéia central é avaliar os pontos fortes, os pontos fracos, as oportunidades e as ameaças da organização e do mercado onde ela está atuando.

A análise é dividida em duas partes: o ambiente externo e o ambiente interno à organização (Tuleski, 2009).

A análise externa corresponde às principais perspectivas de evolução do mercado em que a organização atua. Compreende fatores provenientes do mercado e do meio, e, portanto, decisões e circunstâncias fora do controle direto da organização. Esta deve maximizar essas circunstâncias quando elas constituam oportunidades, isto é, quando signifiquem aspectos positivos, com impacto significativo no negócio da organização ou, alternativamente, proteger-se, construindo barreiras defensivas contra as ameaças externas, relacionadas com os aspectos negativos, com impacto importante no negócio da organização.

A análise interna corresponde aos principais aspectos que diferenciam a organização dos seus concorrentes. Os pontos fortes são as vantagens internas da organização em relação aos seus principais concorrentes, enquanto que nos pontos fracos se enquadram as desvantagens internas da organização em relação aos mesmos.

Ao construir a matriz SWOT, as variáveis (pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças) são sobrepostas, facilitando a análise e a procura de sugestões para a tomada de decisões. Esta matriz sugere a escolha óbvia das estratégias que conduzem à maximização das oportunidades do ambiente, construídas sobre os pontos fortes da empresa e à minimização das ameaças, além da redução dos efeitos dos pontos fracos da empresa.

Uma das formas de se estabelecer a correlação entre oportunidades, ameaças, pontos fortes e pontos fracos através da análise SWOT é apresentada na figura 1.

	Forças	Fraquezas
O P O R T U N I D A D E S	Alavanca Quando uma oportunidade do ambiente encontra um conjunto de pontos fortes na empresa que podem ajudá-la a tirar o máximo de proveito da situação;	Restrição Quando uma oportunidade não pode ser aproveitada pela empresa, devido aos seus pontos fracos;
A M E A Ç A S	Vulnerabilidade Quando existe uma ameaça à vista, mas a empresa possui pontos fortes que possam amenizá-la.	Problema Quando uma ameaça do ambiente torna a empresa ainda mais vulnerável, devido aos seus pontos fracos.

Figura 1: Correlação de variáveis na matriz SWOT, adaptado de Tifany, 2000.

3.2. FERRAMENTAS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

As ferramentas de decisão multicritérios (MCDM – *Multicriteria decision making*) são aplicadas quando há necessidade de avaliação/otimização de mais de um critério/resposta. Por exemplo: custo, qualidade e atendimento. MCDM é utilizado na classificação de soluções alternativas de problemas em uma enorme variedade de áreas que inclui: Finanças, Gerência Ambiental e Medicina (Doumpos & Zopounidis, 2002).

Existem diversas MCDM, como ELECTRE (*Elimination and Choice Translating Reality*), AHP (*Analytic Hierarchy Process*), ANP (*Analytic Network Process*), FDA (*Fuzzy Decision Approach*), MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*), Pareto, função desejo de Derringer, entre outros. As aplicações de diferentes métodos de MCDM utilizam, basicamente, a mesma ferramenta, a matriz de decisão.

Métodos como AHP, ANP e ELECTRE são mais usados por profissionais da área de Engenharia de Produção e Economia (Salomon, 2004). Outros como Pareto e função desejo de Derringer são bastante utilizados para otimização de experimentos na área de Química (Keller, 1991 e De Aguiar, 1997).

3.2.1. MATRIZ DE DECISÃO

A matriz de decisão é construída através das seguintes etapas:

- *Brainstorming* para definição dos critérios de comparação
- Definição dos pesos dos critérios
- Atribuição de notas para cada uma das alternativas em relação a cada um dos critérios de comparação
- Cálculo da média ponderada para cada uma das alternativas

Brainstorming é um processo de livre exposição de idéias, no qual as pessoas sugerem todas as possibilidades que lhes passem pela mente sobre um determinado assunto. Assim, na matriz de decisão estas idéias estão relacionadas à

implantação e/ou ampliação de um negócio, vantagens e limitações da aplicação de técnicas analíticas, entre outras.

“Critérios são atributos que podem ser quantificados ou avaliados e que contribuem para a decisão. A busca da solução de um problema freqüentemente ocorre em ambiente onde os critérios são conflitantes, ou seja, onde o ganho de um critério poderá causar uma perda em outro” (Zambon et al, 2005).

Na literatura existem diversas propostas de procedimentos para atribuição de pesos para os critérios (Von Winterfeldt & Edwards, 1986; Malczewski, 1999), entretanto não há um método consensual para isto (Ramos, 2000). É possível agrupar os métodos de definição de pesos em quatro categorias assim declaradas: métodos baseados em ordenação de critérios (Stillwell *et al.*, 1981), em escalas de pontos (Osgood *et al.*, 1957), em distribuição de pontos (Easton, 1973) e comparação de critérios par a par (Saaty, 1977).

Uma matriz de decisão utilizada em uma situação genérica em que se deseja analisar quatro alternativas de acordo com cinco critérios é apresentada na figura 2.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
Critério 1	a_{11}	a_{21}	a_{31}	a_{41}
Critério 2	a_{12}	a_{22}	a_{32}	a_{42}
Critério 3	a_{13}	a_{23}	a_{33}	a_{43}
Critério 4	a_{14}	a_{24}	a_{34}	a_{44}
Critério 5	a_{15}	a_{25}	a_{35}	a_{45}

Figura 2: Matriz de decisão genérica.

Na matriz de decisão, os a_{ij} representam o desempenho das alternativas i segundo os critérios j . Este desempenho pode ser expresso através de notas, por exemplo, de 1 a 10. A avaliação das alternativas é realizada após soma de todas as notas. A alternativa com maior nota deve ser a melhor.

3.2.2. FUNÇÃO DESEJO DE DERRINGER (D)

Função desejo de Derringer (*Derringer's desirability function*) é outro método de decisão multicritério bastante comum em processos de otimização (De Aguiar,

1997). O profissional responsável pela tomada de decisão é quem seleciona a função segundo suas necessidades ou desejos, por isso, é chamada função desejo.

Derringer expressa a função desejo (D) como resultado da multiplicação dos critérios estudados segundo a equação 1.

$$D = \sqrt[n]{d_1 x d_2 x d_3 x \dots x d_n} \quad \text{Equação 1.}$$

Onde:

n = número de critérios estudados

Os valores de cada fator (d) são transformados em uma escala adimensional de 0 (zero) a 1 (um), onde o valor nulo (d = 0) corresponde ao nível completamente indesejado e o valor unitário (d = 1) corresponde ao nível completamente desejado do critério estudado.

Nesta função, os valores atribuídos aos critérios estudados (y) são transformados em funções (d) de acordo com a equação 2.

$$\begin{aligned} d &= 0 && \text{para } y \leq y_{\min} \\ d &= 1 && \text{para } y \geq y_{\max} \\ d &= [(y - y_{\min}) / (y_{\max} - y)]^r && \text{para } y_{\min} < y < y_{\max} \end{aligned} \quad \text{Equações 2}$$

Onde d precisa ser maximizado, y_{\min} é o menor valor aceito de y, y_{\max} é o valor a partir do qual a melhoria não é mais de interesse e r é o coeficiente determinado pelo usuário (MASSART, 1997). Desta forma, cada critério estudado terá um valor que pode variar de 0 a 1. Neste método, se algum critério possui um valor indesejado, todo produto derivado dele também possuirá.

4 METODOLOGIA

4.1. PROPOSTA DE ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO DE TÉCNICA ANALÍTICA PARA LABORATÓRIO, INDÚSTRIA E PESQUISA

Propor estratégias de aplicação das ferramentas de análise de cenário e de MCDM para seleção de técnicas analíticas em:

- Investimento em laboratório de prestação de serviços
- Propostas de projetos de pesquisa
- Controle de processos químicos

A figura 3 apresenta a estratégia de aplicação das ferramentas de análise de cenário e de MCDM para seleção de técnicas analíticas.



Figura 3: Estratégia de aplicação das ferramentas de análise de cenário e de MCDM para seleção de técnicas analíticas.

A primeira etapa é o levantamento bibliográfico nas bases de dados. Este levantamento é realizado para conhecer quais são as técnicas analíticas que estão sendo utilizadas, por outros profissionais/pesquisadores, na aplicação a qual se

deseja implantar a mesma. No levantamento bibliográfico também deve ser possível obter mais alguns detalhes sobre a aplicação da técnica analítica.

Se existirem muitas opções, aplica-se uma ferramenta de análise de cenário que ofereça uma visão abrangente e que permita diminuir as opções. A partir daí, podem ser aplicadas ferramentas de decisão multicritério que permitirão uma avaliação mais detalhada de cada técnica. Aplicadas as MCDM, ficará mais claro em quais critérios uma técnica é melhor ou mais vantajosa que outra e, dependendo do interesse do laboratório e/ou indústria, a decisão tomada deverá ser a mais acertada.

4.2. SELEÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Muitas bacias petrolíferas são consideravelmente distantes das refinarias que processam o petróleo (óleo cru) nos seus derivados. Por exemplo, gasolina, óleo diesel, querosene, entre outros. Portanto, o petróleo tem que ser transportado do ponto de exploração até o de refino. O transporte do petróleo pode ser feito por caminhões, navio e dutos. Em larga escala, normalmente ele é realizado por dutos e navios petroleiros, ao passo que uma escala de distribuição menor, especialmente de derivados, é transportada por barcaças, caminhões e vagões-tanque. A quilometragem dos dutos tem aumentado para se tornar o principal meio de transporte (Speight, 2006).

O custo anual desta atividade é de bilhões de dólares, uma vez que grandes quantidades devem ser transportadas por longas distâncias em torno de um país ou mesmo entre os países da América do Sul. Embora o investimento necessário para preparar os sistemas de polidutos seja alto, os custos operacionais são muito baixos quando comparados com outros meios de transporte, como trens ou caminhões (Herrán, 2010).

O duto mais simples tem uma origem, um destino e o tipo de produto a ser transportado bem definido, por exemplo, oleodutos que transportam petróleo a partir dos campos de exploração até as refinarias. Em uma rede mais complexa e realista, dutos podem ter múltiplos destinos e transportarem vários produtos, tais como nafta, querosene, gasolina e diesel (Sasikuma, 1997). Quando os produtos são transportados seqüencialmente, estes são chamados de polidutos. Isto conduz,

inevitavelmente, à formação de uma interface de mistura destes produtos que pode ser um volume muito grande, dependendo do fluxo, do diâmetro do duto, da distância durante a qual os produtos vão estar em contato e das características dos mesmos. O produto gerado pela mistura dos derivados é chamado de interface de mistura ou *transmix*. *Transmix* significa uma interface que não atende as especificações para que um combustível possa ser usado ou vendido (Legal Information Institute, 2013). O envio do *transmix* junto ao derivado pode causar desacordo com o cliente.

A figura 4 apresenta o transporte de derivados de petróleo por polidutos.

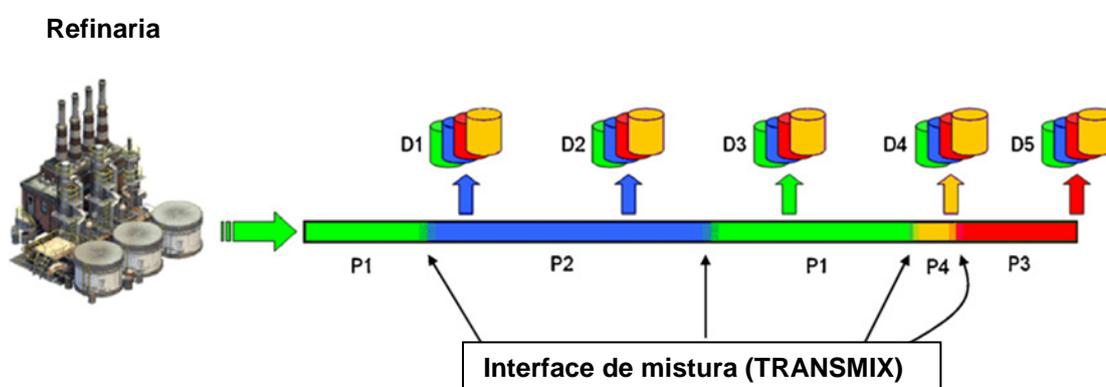


Figura 4: Operação em um sistema de polidutos. Adaptada de Herrán, 2010.

O principal desafio em sistemas de polidutos é o planejamento da seqüência em que os produtos serão transportados da refinaria para o duto e, em seguida, para o cliente. Isso torna difícil detectar o ponto de corte exato em que os produtos entregues ainda estão em conformidade com os requisitos estabelecidos por normas internacionais. Dependendo do grau de contaminação, os produtos misturados tendem a perder as suas características originais. O *transmix* é reprocessado/redestilado e, para isto, a mistura tem que ser armazenada até que tenha uma quantidade razoável para ser recolhida e depois transportada para a refinaria. O transporte, normalmente, é feito por caminhões e os custos associados ao esquema de reprocessamento são muito altos (Techo, 1974).

Além disso, o *transmix* pode:

- ser vendido com preço inferior; esta prática é conhecida como *downgrade*.

- ser misturado, em pequenas quantidades, aos derivados puros de forma que não altere suas características e ao mesmo tempo reduza o volume de *transmix* armazenado.

O aumento das redes de polidutos e o fato de que novos produtos, por exemplo, diesel de baixo e de baixíssimo teores de enxofre, deverão ser adicionados aos sistemas de dutos, certamente vão aumentar o problema. A interface não pode, simplesmente, ser eliminada.

O grau de perda gerado a partir da remoção de interface e de reprocessamento depende do tipo de produto misturado. Para minimizar estas perdas, algumas precauções são necessárias, por exemplo, evitar o transporte de produtos com elevado grau de miscibilidade em seqüência, e evitar o transporte de pequenas quantidades de produtos. Todos os aspectos mencionados fazem com que a operação de transporte de produtos de petróleo e o momento exato para determinar o ponto de corte de um fluxo, uma operação muito complexa.

4.3. SELEÇÃO DAS FERRAMENTAS DE ANÁLISE DE CENÁRIOS E DE DECISÃO MULTICRITÉRIO.

Dentre as ferramentas de análise de cenários e de decisão multicritério usualmente descritas na literatura, a matriz SWOT, a matriz de decisão e a função desejo de Derringer, foram selecionadas por serem ferramentas bastante simples de serem aplicadas, muito utilizadas e de fácil compreensão.

4.3.1. MATRIZ SWOT

A matriz SWOT foi construída para análise do cenário atual das técnicas analíticas utilizadas para o corte de interface, selecionadas a partir da pesquisa bibliográfica. O resultado desta análise indica quais são as técnicas mais apropriadas para esta finalidade.

Como descrito anteriormente, a matriz SWOT permite encontrar e classificar as forças e fraquezas de uma empresa. No caso deste estudo, ela é usada para definir uma técnica analítica que seja mais adequada na determinação do melhor

momento para o corte de interface, partindo de informações retiradas da literatura e algum conhecimento experimental. Para cada parâmetro (pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças) foi realizada uma lista de aspectos utilizando a técnica *brainstorming*.

Os aspectos definidos com a técnica de *brainstorming* foram consolidados em reuniões técnicas que envolveram, de alguma forma, pessoas com conhecimento técnico das técnicas analíticas selecionadas através da literatura, e com conhecimento em gestão. A matriz SWOT foi, então, organizada a partir destes aspectos.

A matriz é composta por quatro quadrantes, nos quais são efetuados os cruzamentos descritos a seguir:

- **Quadrante I** = Pontos fortes x oportunidades (Análise, para cada ponto forte da técnica analítica, se o mesmo potencializa ou não o aproveitamento de cada oportunidade).
- **Quadrante II** = Pontos fortes x ameaças (Análise, para cada ponto forte da técnica analítica, se o mesmo minimiza ou não os efeitos negativos de cada ameaça).
- **Quadrante III** = Pontos fracos x oportunidades (Análise, para cada ponto fraco da técnica analítica, se o mesmo dificulta ou não o aproveitamento de cada oportunidade).
- **Quadrante IV** = Pontos fracos x ameaças (Análise, para cada ponto fraco da técnica analítica, se o mesmo potencializa ou não os efeitos negativos de cada ameaça).

Avaliou-se o grau de influência entre os aspectos para cada cruzamento e a pontuação atribuída está apresentada na tabela 1.

Tabela 1: Pontuação atribuída para o grau de influência entre os aspectos e cada cruzamento de quadrante.

Pontuação	Interpretação
0 (Zero)	Não possui influência
1 (um)	Possui pouca influência
2 (dois)	Possui muita influência

Os primeiros resultados da construção da matriz estratégica determinam a densidade de cada quadrante (DQI, DQII, DQIII e DQIV). A densidade do quadrante é um valor quantitativo, em percentual, que reflete o resultado de todos os cruzamentos efetuados no referido quadrante.

A equação 3 apresenta o cálculo da densidade do quadrante I.

$$DQI = \frac{\text{Soma dos pontos do quadrante I}}{N^{\circ}op \times N^{\circ}PF \times 2} \times 100$$

Equação 3

Onde:

DQI = densidade do quadrante I

N^oop = número de oportunidades

N^oPF = número de pontos fortes

A equação 4 apresenta o cálculo da densidade do quadrante II.

$$DQII = \frac{\text{Soma dos pontos do quadrante II}}{N^{\circ}am \times N^{\circ}PF \times 2} \times 100$$

Equação 4

Onde:

DQII = densidade do quadrante II

N^oam = número de ameaças

N^oPF = número de pontos fortes

A equação 5 apresenta o cálculo da densidade do quadrante III.

$$DQIII = \frac{\text{Soma dos pontos do quadrante III}}{N^{\circ}op \times N^{\circ}Pf \times 2} \times 100$$

Equação 5

Onde:

DQIII = densidade do quadrante III

N^oop = número de oportunidades

N^oPf = número de pontos fracos

A equação 6 apresenta o cálculo da densidade do quadrante IV.

$$DQIV = \frac{\text{Soma dos pontos do quadrante IV}}{N^{\circ}am \times N^{\circ}Pf \times 2} \times 100$$

Equação 6

Onde:

DQIV = densidade do quadrante IV

N^oam = número de ameaças

N^oPf = número de pontos fracos

As densidades dos quadrantes são utilizadas para a determinação da capacidade ofensiva (CO) e capacidade defensiva (CD) do negócio, no caso deste estudo, da aplicação da técnica analítica, conforme está definido na tabela 2.

Tabela 2: Capacidade ofensiva e defensiva, definição/interpretação.

Capacidade ofensiva DQI-DQIII	Representa numericamente a maior ou menor possibilidade de aproveitar, em decorrência dos pontos fortes e fracos, as oportunidades disponibilizadas pelo ambiente externo.
Capacidade defensiva DQII-DQIV	Representa numericamente a maior ou menor possibilidade de se defender, em decorrência dos pontos fortes e fracos, das ameaças oriundas do ambiente externo.

O posicionamento estratégico global (PEG), que consiste no resultado da soma das capacidades ofensiva e defensiva, representa numericamente a situação estratégica mais favorável ou menos favorável à implantação da técnica analítica. A escala de posicionamento está apresentada na tabela 3.

Tabela 3: Escala de posicionamento estratégico global.

> +100%	Muito favorável
+100% até +20%	Favorável
+20% até -20%	Equilibrado
-20% até -100%	Desfavorável
<-100%	Muito desfavorável

4.3.2. MATRIZ DE DECISÃO

A matriz de decisão foi construída através das seguintes etapas:

- Etapa 1 – Definição de áreas;
- Etapa 2 - *Brainstorming* para definição dos critérios de comparação em cada área;
- Etapa 3 - Definição dos pesos das áreas e dos critérios;

- Etapa 4 - Atribuição de notas para cada uma das técnicas analíticas em relação a cada um dos critérios de comparação;
- Etapa 5 - Somatório das notas de cada técnica analítica por critério avaliado.

Normalmente, a matriz de decisão é construída através da definição dos critérios de comparação e da atribuição de pesos aos critérios e depois atribuição de notas a cada critério avaliado. Antes disso, porém, optou-se por definir grandes áreas a partir das quais foram escolhidos os critérios de comparação. Estas áreas foram selecionadas por serem consideradas as mais importantes para avaliação da viabilidade de implantação da técnica analítica e também por ser possível, ao final, determinar em qual área uma técnica teria um desempenho melhor que a outra. Se for feita a opção por uma técnica menos favorável, é porque se imagina poder investir na área que teve os menores resultados de forma a aprimorar o desempenho nesta área.

As etapas de 1 a 4 foram realizadas em reuniões técnicas que envolveram, de alguma forma, pessoas com conhecimento técnico das técnicas analíticas selecionadas através da literatura, e com conhecimento em gestão. Ficou decidido que as áreas teriam pesos de 1 (um) a 5 (cinco), onde 1 significa que a área é pouco importante e 5 significa que a área é de importância máxima.

Às técnicas analíticas foram dadas notas de 0 (zero) a 5 (cinco) em relação ao desempenho por critério.

O cálculo da nota da técnica por critério avaliado foi realizado multiplicando cada nota pelo peso do critério e depois pelo peso da área a qual o critério pertence. A equação 7 apresenta a fórmula para o cálculo das notas na matriz de decisão.

$$nt = (zxp\text{c}xpa)$$

Equação 7.

Onde:

nt = nota final da técnica por critério avaliado.

z = nota da técnica por critério avaliado.

pc = peso do critério.

pa = peso da área.

Ao final de cada área foi realizada a soma dos pontos dos critérios e no final da matriz a soma de todos os pontos.

4.3.3. FUNÇÃO DESEJO DE DERRINGER

A partir dos critérios definidos para cada área na matriz de decisão, foram selecionados aqueles que pareceram mais abrangentes. Para cada um deles os valores considerados desejáveis foram convertidos para valores compreendidos em uma escala que varia entre zero e um, de acordo com a função escolhida.

Os valores mais próximos de 1 (um) são considerados os valores desejáveis, isto é, avaliando cada critério é o valor mais próximo do esperado da técnica analítica em relação ao critério que está sendo estudado. Os valores mais próximos de 0 (zero) são considerados os valores indesejáveis, isto é, avaliando cada critério é o valor mais próximo do desempenho menos desejado de aplicação da técnica analítica em relação ao critério que está sendo estudado. A partir daí foram estimados os valores de (d) para cada critério, e o D calculado. Este procedimento foi realizado para cada técnica analítica selecionada pela matriz SWOT.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados da aplicação da estratégia de seleção da técnica analítica para o estudo de caso selecionado.

5.1. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Com o objetivo de conhecer quais são as técnicas analíticas utilizadas para determinar o ponto de corte de interface, e seguindo a estratégia proposta na figura 3, página 25, foi realizada pesquisa bibliográfica nas seguintes bases de dados: Scielo, Science Direct, Web of Science e SciFinder (todas foram acessadas a partir do sistema de informática da UFRJ), além da base de dados do CENPES/PETROBRAS.

As palavras chave utilizadas nesta pesquisa foram, *oil, gasoline, diesel, multi product, analysis, interface cut, cut point, alcohol, pipeline, transfer, batch, on line, petroleum products, multi-component, chemical analysis*, corte de interface, gasolina, álcool, polidutos, além de combinações destas. A procura fez uma quantidade de aproximadamente 90 palavras e combinações de palavras pesquisadas.

A tabela 4 apresenta os trabalhos que abordavam diretamente o assunto corte de interface, a técnica utilizada, e ainda, quando disponível, os derivados estudados nos trabalhos. Outros artigos propunham algumas formas de distribuição dos produtos pelos polidutos, o que não é de interesse direto deste estudo de caso, ou ainda formas de identificar/classificar óleos de diferentes origens usando técnicas de Quimiometria.

Tabela 4: Artigos para seleção de técnica analítica para corte de interface.

Referência	Autores	Técnica analítica/ propriedade medida	Tipo de amostra
<i>Pipeline batch cup optimization by taking into account the quality of the products at the tanks</i>	TEPEDINO, A. <i>et all</i> (2008)	Detectores ultrassônicos	Diesel e gasolina
<i>Biodiesel classification by base stock type (vegetable oil) using near infrared spectroscopy data</i>	BALABIN, R. M. e SAFIEVA, R. Z. – (2011)	Infravermelho próximo (NIR)	Biodiesel
<i>Gasoline classification using near infrared (NIR) spectroscopy data: comparison of multivariate techniques</i>	BALABIN, R. M. <i>et all</i> (2010)	Infravermelho próximo (NIR)	Gasolinas: conjunto A 150 amostras de 3 classes diferentes; conjunto B 117 amostras de 6 classes diferentes; conjunto C 115 amostras de 3 classes diferentes
<i>Neural network (ANN) approach to biodiesel analysis: analysis of biodiesel density, kinematic viscosity, methanol and water contents using near infrared (NIR) spectroscopy</i>	BALABIN, R. M. <i>et all</i> (2011)	Medidor de densidade automático, viscosímetro, titulador Karl-Fisher volumétrico, cromatografia gasosa, infravermelho próximo.	Biodiesel
<i>Cut point optimization of diesel oil - gasoline interfaces</i>	GAVIN, S.D. - (2008)	Densidade	Diesel e gasolina
<i>Artificial neural network model to predict cold filter pugging point of blended diesel fuels</i>	WU, C. <i>et all</i> – (2006)	<i>Feed forward back propagation neural network</i> em dados de ponto de congelamento	Misturas com diesel

Referência	Autores	Técnica analítica/ propriedade medida	Tipo de amostra
<i>Comparative analyses on calculation of contaminated volume of multi-product pipeline caused by stoppage</i>	GONG, J. – (2008)	Modelagem matemática	Diesel e gasolina
<i>Application of chemometric tools to define online interface cut in multiproduct pipeline</i>	DOS SANTOS, S. C. A. <i>et all</i> – (2012)	Infravermelho próximo e infravermelho médio	Gasolina e diesel
Relatório do projeto piloto para otimização do corte de interfaces e preservação de combustíveis de baixíssimo teor de enxofre	SOARES, E. F. <i>et all</i> – (2011)	OID	Diesel S10 com S500
Separação de produtos em polidutos utilizando pigs-espuma de baixa densidade	COUTO, N. C. – (1998)	Pig-espuma de baixa densidade	Gasolina, diesel e GLP
<i>Predicting mixing volumes in serial transport in pipelines</i>	RACHID, F. B. F. <i>et all</i> – (2002)	Velocidade sônica	Gasolina e diesel
<i>Colonial pipeline tests interface-detector methods</i>	YARBOROUGH, V. – (2001)	OID	Gasolina e gasolina premium Diesel de baixo e alto teor de enxofre
<i>Optical technology improves batch cutting, quality determination</i>	CHENGZHEN, Z. e HARBERT, T. – (2002)	OID	Gasolina e diesel Gasolina comum e gasolina premium
<i>A fully-coupled transient model for predicting interface contamination in product pipelines</i>	RACHID, F. B. F. <i>et all</i> – (2001)	Velocidade sônica	Gasolina e diesel

Referência	Autores	Técnica analítica/ propriedade medida	Tipo de amostra
<i>Estimating mixing volumes between batches in multiproduct pipelines Interface</i>	BAPTISTA, R. M. <i>et all</i> – (2000)	Velocidade sônica	Gasolina e diesel
<i>contamination modeling in pipeline batch transfers</i>	BAPTISTA, R. M. <i>et all</i> – (2000)	Velocidade sônica e coeficiente de dispersão	Gasolina e diesel
Modelagem para a contaminação entre bateladas fluindo num duto considerando-se a abordagem transiente	BAPTISTA, R. M. <i>et all</i> – (1999)	Velocidade sônica e vazão	Gasolina e diesel
<i>Mixing volume determination in batch transfers through sonic detectors</i>	BAPTISTA, R. M. <i>et all</i> – (2000)	Velocidade sônica e vazão	Gasolina e diesel
<i>Custody transfer management in pipelines</i>	GAVIN, S. e MAXIMILIANO, G. – (2008)	Densidade	Não menciona; trata genericamente como produto A e produto B

Este levantamento foi realizado a partir de 1990. O que se verificou é que muito pouco existe sobre o assunto, na literatura. Foram encontrados somente 19 trabalhos diretamente relacionados ao assunto. Dentre estes, observou-se a distribuição apresentada na tabela 5.

Tabela 5: Distribuição dos trabalhos pelo tipo.

TIPO DE TRABALHO	QUANTIDADE
Artigo	16
Relatórios	2
Trabalhos em congresso (resumo)	1

Esperava-se encontrar um número grande de patentes sobre o assunto, uma vez que isto poderia indicar uma ou mais formas já avaliadas e implementadas experimentalmente.

Dentre estes trabalhos observou-se que a maioria (tabela 6) é oriunda de pesquisa realizada em universidades com colaboração da indústria.

Tabela 6: Origem dos trabalhos avaliados.

ORIGEM DO TRABALHO	QUANTIDADE
Universidades	3
Universidades com parceria de empresas	10
Empresa	6

Oito dos dez trabalhos com parceria universidade-empresa foram realizados pela PETROBRAS (e suas diversas unidades) com a Universidade Federal da Bahia (UFBA), a Universidade Federal Fluminense (UFF) e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Os outros dois foram da universidade de Pequim e Empresas petrolíferas chinesas. Naqueles realizados somente por empresas petrolíferas encontramos a PETROBRAS, a REPSOL/YPF e a Colonial Pipeline.

Em praticamente todos os artigos foram utilizadas misturas de gasolina/diesel, gasolina/gasolina, biodiesel ou ainda diesel/diesel. Somente em um dos trabalhos observou-se o estudo do corte de interface da mistura álcool/gasolina.

5.2. SELEÇÃO DAS TÉCNICAS ANALÍTICAS

As técnicas analíticas encontradas na literatura, nas quais foram aplicadas as ferramentas de análise de cenário, estão listadas na tabela 7.

Tabela 7: Lista das técnicas analíticas mais usadas em trabalhos referentes à corte de interface.

Técnicas analíticas
Densidade
Ponto de congelamento
Infravermelho próximo e infravermelho médio
Velocidade sônica
Detecção ótica (OID)
Separação mecânica
Vazão

Essas técnicas analíticas são aplicadas à corte de interface da seguinte forma:

Densidade – a densidade é medida diretamente no poliduto e esta varia de acordo com a composição de hidrocarbonetos presentes em cada tipo de derivado de petróleo. Os derivados com cadeias de hidrocarbonetos menores são menos densos. A gasolina, por exemplo, tem densidade em torno de 0,75Kg/L e o óleo diesel, que apresenta cadeias de hidrocarbonetos maiores, tem densidade em torno de 0,85Kg/L.

Ponto de congelamento – o ponto de congelamento é um ensaio realizado no laboratório que determina a temperatura mínima de congelamento do líquido. Nos derivados de petróleo que possuem em sua composição cadeias de hidrocarbonetos longas e de maior massa molecular terão temperaturas de congelamento maiores do que os derivados que possuem cadeias de hidrocarbonetos de menor massa molecular.

Infravermelho próximo e infravermelho médio – a espectroscopia de infravermelho é um tipo de espectroscopia de absorção que usa a região do infravermelho do espectro eletromagnético e pode ser usada para identificar um composto ou investigar a composição de uma amostra. Esta técnica analítica se baseia na absorção de energia da molécula de acordo com sua energia de vibração. Para que uma vibração seja observada no espectro IV, a molécula precisa sofrer uma variação no seu momento dipolar durante essa vibração. A fim de se fazer medidas em uma amostra, um feixe de radiação infravermelha passa pela amostra, e a quantidade de energia transmitida é registrada.

Velocidade sônica – a velocidade sônica é medida diretamente no poliduto. A velocidade de propagação do som através do derivado de petróleo que está sendo transportado é proporcional a densidade do mesmo. Quanto menos denso o derivado maior será a velocidade sônica.

Detecção óptica (OID) – o detector óptico realiza medidas diretamente no poliduto. As propriedades medidas são absorvância, fluorescência e índice de refração. Essas medidas são transformadas em um sinal.

Separação mecânica – a separação mecânica usa um corpo cilíndrico de material inerte que é introduzido no poliduto e resulta em uma separação física entre os produtos que são transportados.

Vazão – a vazão é a relação entre o volume de derivado de petróleo transportado através do poliduto e o tempo. A vazão corresponde à taxa de escoamento.

5.3. APLICAÇÃO DE FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS - MATRIZ SWOT

A matriz SWOT foi construída para comparar o desempenho das técnicas selecionadas no item 5.2 frente à seguinte questão: **“Qual técnica deve ser implantada para determinar o corte de interface?”**

A primeira etapa foi, então, realizar o *brainstorming*. Os aspectos mais relevantes que foram considerados nesta etapa estão descritos a seguir.

Análise interna (pontos fortes e pontos fracos)

De acordo com a técnica que está sendo avaliada, cada aspecto poderá ser considerado ponto forte ou ponto fraco.

1-Custo inicial de implantação. Este aspecto tem como objetivo avaliar o custo inicial de implantação da técnica analítica, que inclui: a compra do equipamento, a compra de acessórios, se for o caso, e eventuais ajustes que se façam necessários.

2-Custo de manutenção. Este aspecto tem como objetivo avaliar o custo de manutenção do equipamento, que inclui: o custo da visita do técnico e a frequência da visita.

3-Aplicação em linha. Este aspecto tem como objetivo avaliar a aplicação em linha da técnica analítica. Se já existe equipamento para funcionar em linha e/ou qual a possibilidade de desenvolvimento de tecnologia para este fim.

4-Interpretação do sinal. Este aspecto tem como objetivo avaliar a necessidade do operador/analista ter conhecimento técnico e/ou treinamento específico para poder interpretar o sinal analítico com objetivo de decidir sobre o corte de interface.

5-Impacto no meio ambiente. Este aspecto tem como objetivo avaliar o impacto no meio ambiente, que inclui: o risco da operação do equipamento para saúde do operador/analista e o risco da operação do equipamento para o meio ambiente.

Análise externa (oportunidades)

1-Surgimento de inovações e avanços tecnológicos. Este aspecto tem como objetivo avaliar se o surgimento de inovações e avanços tecnológicos é uma oportunidade para cada um dos aspectos selecionados na análise interna.

2-Novos entrantes de fornecedores de tecnologias. Este aspecto tem como objetivo avaliar se novas empresas, neste segmento, entrarem no mercado será uma oportunidade para cada um dos aspectos selecionados na análise interna.

3-Melhor atendimento das exigências quanto às características do derivado distribuído. Este aspecto tem como objetivo avaliar se é possível melhorar o atendimento às exigências das características do derivado distribuído para cada um dos aspectos selecionados na análise interna.

4-Facilidade de treinamento. Este aspecto tem como objetivo avaliar se a facilidade de treinamento é uma oportunidade para cada um dos aspectos selecionados na análise interna.

Análise externa (ameaças)

1-Restrições governamentais à importação. Este aspecto tem como objetivo avaliar se houver restrições governamentais à importação será uma ameaça para cada um dos aspectos selecionados na análise interna.

2-Dificuldade na implantação da técnica. Este aspecto tem como objetivo avaliar a dificuldade na implantação da técnica no que se refere à resistência dos profissionais a mudança. Se isto é uma ameaça para cada um dos aspectos selecionados na análise interna.

3-Política de redução de custos na empresa. Este aspecto tem como objetivo avaliar se houver política de redução de custos na empresa será uma ameaça para cada um dos aspectos selecionados na análise interna.

4-Ambiente de coleta de dados exposto à intempérie. Este aspecto tem como objetivo avaliar se o ambiente de coleta de dados for exposto à intempérie será uma ameaça para cada um dos aspectos selecionados na análise interna.

5-Volume de interface gerado. Este aspecto tem como objetivo avaliar se o volume de interface gerado é uma ameaça para cada um dos aspectos selecionados na análise interna.

6-Prejuízo potencial à empresa (risco ambiental, risco de acidente). Este aspecto tem como objetivo avaliar se o risco ambiental e o risco de acidentes podem causar prejuízo à empresa. Se isto é uma ameaça para cada um dos aspectos selecionados na análise interna.

A matriz SWOT aplicada às técnicas analíticas preenchida com os aspectos, notas e resultados por quadrante está apresentada nas figuras 5a, 5b e 5c.

Matriz SWOT		Oportunidades				Ameaças								
		Surgimento de inovações e avanços tecnológicos	Novos entrantes de fornecedores de tecnologias	Melhor atendimento das exigências quanto as características do derivado distribuído	Facilidade de treinamento	SOMA	Restrições governamentais à importação	Dificuldade na implantação da técnica	Política de redução de custos na empresa	Ambiente de coleta de dados exposto à intempérie	Volume de interface gerado	Prejuízo potencial à empresa (risco ambiental, risco de acidentes)	SOMA	
Densidade	Pontos Fortes	Custo	1	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1
		Manutenção	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	2
		Aplicação em linha	1	0	0	0	1	0	1	0	1	2	2	6
		Tecnologia bem estabelecida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Impacto no meio ambiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
		Pessoas	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0	0	1
	SOMA	4	1	0	1	6	0	2	1	2	5	4	14	
Pontos Fracos	Adequação do sinal	1	0	1	0	2	0	1	0	0	2	2	5	
	SOMA	1	0	1	0	2	0	1	0	0	2	2	5	
IV (NIR e MID)	Pontos Fortes	Aplicação em linha	2	2	2	0	6	0	1	0	2	2	0	5
		Adequação do sinal	2	1	2	0	5	0	1	0	0	2	2	5
		Tecnologia bem estabelecida	2	1	1	2	6	0	0	0	0	0	0	0
		Impacto no meio ambiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
	SOMA	6	4	5	2	17	0	2	0	2	6	4	14	
	Pontos fracos	Custo	2	1	0	0	3	2	0	2	0	0	0	4
		Manutenção	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
Pessoas		1	0	0	2	3	0	2	0	0	0	0	2	
SOMA		4	1	0	2	7	2	2	2	0	1	0	7	

Figura 5a: Matriz SWOT com as técnicas analíticas e notas para cada aspecto.

Matriz SWOT		Oportunidades				Ameaças								
		Surgimento de inovações e avanços tecnológicos	Novos entrantes de fornecedores de tecnologias	Melhor atendimento das exigências quanto as características do derivado distribuído	Facilidade de treinamento	SOMA	Restrições governamentais à importação	Dificuldade na implantação da técnica	Política de redução de custos na empresa	Ambiente de coleta de dados exposto à intempérie	Volume de interface gerado	Prejuízo potencial à empresa (risco ambiental, risco de acidentes)	SOMA	
Velocidade sônica	Pontos Fortes	Aplicação em linha	1	1	0	0	2	0	0	0	1	1	0	2
		Custo	1	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1
		Impacto no meio ambiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
		SOMA	2	2	0	0	4	0	0	0	1	3	1	5
	Pontos Fracos	Adequação do sinal	1	1	2	0	4	0	2	0	0	2	2	6
Pessoas		1	0	0	1	2	0	2	0	0	0	0	2	
Tecnologia bem estabelecida		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
Manutenção		2	0	0	0	2	1	0	1	2	2	0	6	
SOMA		4	1	2	1	8	1	5	1	2	4	2	15	
OID	Pontos Fortes	Custo	1	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1
		Manutenção	1	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	3
		Aplicação em linha	1	0	0	0	1	0	0	0	1	2	2	5
		Adequação do sinal	2	1	2	0	5	0	0	0	0	2	2	4
		Impacto no meio ambiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
		SOMA	5	2	2	0	9	0	0	1	2	8	6	17
	Pontos Fracos	Pessoas	1	0	0	1	2	0	2	0	0	2	0	4
		Tecnologia bem estabelecida	1	1	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0
SOMA	2	1	1	2	6	0	2	0	0	2	0	4		
Ponto de Congelamento	Pontos Fortes	Custo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Manutenção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Pessoas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
		Tecnologia bem estabelecida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		SOMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
	Pontos Fracos	Aplicação em linha	2	1	1	0	4	0	0	0	1	2	2	5
		Adequação do sinal	1	0	1	0		0	0	0	0	2	2	
		Impacto no meio ambiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	4
SOMA	3	1	2	0	6	0	0	0	1	6	6	13		

Figura 6b: Matriz SWOT com as técnicas analíticas e notas para cada aspecto.

Matriz SWOT		Oportunidades				Ameaças								
		Surgimento de inovações e avanços tecnológicos	Novos entrantes de fornecedores de tecnologias	Melhor atendimento das exigências quanto as características do derivado distribuído	Facilidade de treinamento	SOMA	Restrições governamentais à importação	Dificuldade na implantação da técnica	Política de redução de custos na empresa	Ambiente de coleta de dados exposto à intempérie	Volume de interface gerado	Prejuízo potencial à empresa (risco ambiental, risco de acidentes)	SOMA	
Pig espuma	Pontos Fortes	Custo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Manutenção	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	
		Pessoas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Tecnologia bem estabelecida	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	
	SOMA	0	1	1	0	2	0	0	0	0	1	1	2	
	Pontos Fracos	Aplicação em linha	1	0	0	0	1	0	2	0	0	1	1	4
		Adequação do sinal	1	0	1	0	2	0	0	0	0	1	1	2
Impacto no meio ambiente		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	
SOMA	2	0	1	0	3	0	2	0	0	3	4	9		
Vazão	Pontos Fortes	Custo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Manutenção	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
		Aplicação em linha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Pessoas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Tecnologia bem estabelecida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Impacto no meio ambiente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	SOMA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	
Pontos Fracos	Adequação do sinal	0	1	1	0	2	0	0	0	0	2	1	3	
SOMA	0	1	1	0	2	0	0	0	0	2	1	3		

Figura 7c: Matriz SWOT com as técnicas analíticas e notas para cada aspecto.

O processamento dos dados da matriz levou aos seguintes resultados apresentados na tabela 8.

Tabela 8: Dados da matriz SWOT.

Técnica analítica	DQI (%)	DQII (%)	DQIII (%)	DQIV (%)	CO (%)	CD (%)	PEG (%)
DENSIDADE	12,5	19,4	25,0	41,7	-12,5	-22,2	-34,7
IV (NIR e MID)	53,1	29,2	29,2	19,4	24,0	9,7	33,7
VELOCIDADE SÔNICA	16,7	13,9	25,0	31,3	-8,3	-17,4	-25,7
OID	22,5	28,3	37,5	16,7	-15,0	11,7	-3,3
PONTO DE CONGELAMENTO	0,0	4,2	25,0	36,1	-25,0	-31,9	-56,9
PIG-ESPUMA	6,3	4,2	12,5	25,0	-6,3	-20,8	-27,1
VAZÃO	0,0	4,2	25,0	25,0	-25,0	-20,8	-45,8

É possível perceber que a densidade dos quadrantes I e II variam em um intervalo maior do que as densidades dos quadrantes III e IV. Isto provavelmente acontece porque os quadrantes I e II estão relacionados aos pontos fortes das técnicas. Tendo estas princípios analíticos muito diferentes é normal que estes pontos fortes influenciam as oportunidades e ameaças de forma muito variável.

O quadrante I reflete se os pontos fortes potencializam as oportunidades. As técnicas que obtiveram os menores resultados foram vazão e ponto de congelamento. De fato, estas técnicas pouco contribuirão para potencializar as oportunidades. O ponto de congelamento é um ensaio realizado em laboratório e a vazão é monitorada na operação. Assim, nenhum desenvolvimento analítico iria contribuir para melhor determinação do corte de interface.

A técnica IV (NIR e MID) foi a que obteve o melhor resultado e isto reflete a capacidade de potencializar as oportunidades, principalmente no que se refere ao surgimento de inovações e avanços tecnológicos, uma vez que avanços tecnológicos podem representar o desenvolvimento de um equipamento com aplicação em linha para este fim.

O quadrante II reflete se os pontos fortes minimizam as ameaças. As técnicas que obtiveram os menores resultados foram vazão, pig-espuma e ponto de congelamento. De fato, os pontos fortes destas técnicas pouco contribuirão para minimizar as ameaças, principalmente no que se refere à restrições governamentais à importação, já que existe tecnologia nacional e a política de redução de custos na empresa, pois são técnicas de baixo custo.

As técnicas IV (NIR e MID) e OID foram as que obtiveram o melhor resultado e isto reflete a capacidade de minimizar as ameaças principalmente no que se refere ao volume de interface gerado uma vez que essas técnicas são as que podem caracterizar melhor os derivados de petróleo e com isso diminuir o volume de interface gerado.

A densidade do quadrante III reflete se os pontos fracos dificultam o aproveitamento das oportunidades. Assim, um resultado de valor alto é menos desejado. A técnica que obteve o menor resultado foi pig-espuma. Isto pode ser explicado porque esta técnica faz separação mecânica dos derivados e sua aplicação em linha é restrita, não se espera que nenhum surgimento de avanços tecnológicos venham a melhorar a separação dos derivados. A técnica que teve o maior resultado foi OID, principalmente porque esta tecnologia não é bem estabelecida.

A densidade do quadrante IV reflete se os pontos fracos potencializam os efeitos das ameaças. Assim, um resultado de valor alto é menos desejado. A técnica que obteve o menor resultado foi OID, pois os pontos fracos desta técnica (pessoas e tecnologia bem estabelecida) pouco influenciam nas ameaças. A técnica que teve o maior resultado foi densidade porque o ponto fraco “adequação do sinal”, influencia principalmente as ameaças “volume de interface gerado” e “prejuízo potencial à empresa”, uma vez que esta técnica não possibilita a separação de dois derivados diferentes, mas com mesma densidade como é o caso de óleo diesel com baixo teor de enxofre e óleo diesel com baixíssimo teor de enxofre, e de gasolina comum e gasolina *premium*.

A tabela 9 apresenta a situação de cada técnica de acordo com o posicionamento estratégico global.

Tabela 9: Situação das técnicas analíticas em função do cálculo do PEG.

Técnica analítica	PEG (%)	Situação
DENSIDADE	-34,7	Desfavorável
IV (NIR e MID)	33,7	Favorável
VELOCIDADE SÔNICA	-25,7	Desfavorável
OID	-3,3	Equilibrado
PONTO DE CONGELAMENTO	-56,9	Desfavorável
PIG-ESPUMA	-27,1	Desfavorável
VAZÃO	-45,8	Desfavorável

As técnicas analíticas IV (NIR e MID) e OID tiveram como resultado situação favorável e equilibrado, respectivamente. Estas técnicas foram, então, comparadas mais detalhadamente através da matriz de decisão.

As outras técnicas tiveram como resultado situação desfavorável por isso, a avaliação de suas implantações não foi levada adiante.

5.4. APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

5.4.1. MATRIZ DE DECISÃO

As duas técnicas analíticas pré selecionadas na matriz SWOT foram analisadas mais detalhadamente na matriz de decisão. Para tal, foram definidas as seguintes grandes áreas para construção da matriz de decisão: tratamento de dados, equipamento, manutenção, pessoas, aplicação, SMS e custo. Para cada uma destas áreas foram atribuídos pesos de 1 a 5 como apresentado na tabela 10.

Tabela 10: Peso das áreas

Áreas	Peso
Tratamento de dados	2
Equipamento	5
Manutenção	5
Pessoas	3
Aplicação	4
SMS	3
Custo	4

Com o objetivo de responder ao questionamento: “**Qual a técnica analítica mais indicada para determinar o corte de interface?**”. Os seguintes critérios foram definidos, na etapa de *brainstorming*:

1. O tratamento de dados é simples?
2. A interpretação do sinal é fácil?
3. O sinal gerado atende aos parâmetros de exigência das medidas?
4. A técnica é simples?
5. A tecnologia é bem estabelecida?
6. A tecnologia é bem estabelecida no Brasil?
7. A técnica é não destrutiva?
8. A técnica é utilizada na área de petróleo?
9. Qual a facilidade de obtenção do sinal/resposta?

10. Ambiente de instalação não controlado?
11. O equipamento é de fácil atualização?
12. Qual a possibilidade de melhoria do sinal interferir diretamente na melhoria do corte de interface?
13. Custo de manutenção
14. Possui fácil manutenção?
15. Há assistência técnica no Brasil?
16. Qual a periodicidade de manutenção preventiva?
17. Há necessidade de calibração do equipamento?
18. A calibração é realizada no local?
19. Há necessidade de treinamento?
20. Há necessidade de profissional especializado para operar o equipamento?
21. Possui aplicação em linha?
22. Há necessidade de “loop”?
23. Qual o tempo de resposta?
24. Possui impacto no meio ambiente?
25. Possui risco para saúde do operador?
26. Há necessidade de EPI específico para operar o equipamento?
27. Qual investimento inicial?
28. Qual a taxa de depreciação do equipamento?
29. Quanto tempo de vida útil?

Foram atribuídos pesos de 1 (um) a 10 (dez) para cada critério, onde 1 significa muito pouca importância e 10 significa máxima importância. Estes pesos estão apresentados na tabela 11.

Tabela 11: Pesos dos critérios

Critério	Peso
O tratamento dos dados é simples?	5
A interpretação do sinal analítico é fácil?	9
O sinal gerado atende aos parâmetros de exigência das medidas?	10
A técnica é simples?	7
A tecnologia é bem estabelecida?	6
A tecnologia é bem estabelecida no Brasil?	7
A técnica é não destrutiva?	3
A técnica é utilizada na área de petróleo?	7
Qual a facilidade de obtenção do sinal/resposta?	10
Ambiente de instalação não controlado?	10
O equipamento é de fácil atualização?	6
Qual a possibilidade de melhoria do sinal interferir diretamente na melhoria do corte de interface?	7
Custo de manutenção	6
Possui fácil manutenção?	7
Há assistência técnica no Brasil?	10
Qual a periodicidade de manutenção preventiva?	7
Há necessidade de calibração do equipamento?	8
A calibração é realizada no local?	10
Há necessidade de treinamento?	7
Há necessidade de profissional especializado para operar o equipamento?	8
Possui aplicação em linha?	10
Há necessidade de "loop"?	4
Qual o tempo de resposta?	9
Possui impacto no meio ambiente?	10
Possui risco para a saúde do operador?	10
Há necessidade de EPI específico para operar o equipamento?	9
Qual o investimento inicial?	10
Qual a taxa de depreciação do equipamento?	6
Quanto tempo de vida útil?	7

A cada critério avaliado, foi então, atribuída a nota cuja interpretação está apresentada na tabela 12.

Tabela 12: Interpretação das notas.

Critério	Nota 0 (zero)	Nota 5 (cinco)
O tratamento dos dados é simples?	Muito complexo	Muito simples
A interpretação do sinal analítico é fácil?	Mais difícil	Mais simples
O sinal gerado atende aos parâmetros de exigência das medidas?	Não atende	Atende completamente
A técnica é simples?	Muito complexo	Muito simples
A tecnologia é bem estabelecida?	Não é bem estabelecida	Muito bem estabelecida
A tecnologia é bem estabelecida no Brasil?	Não é bem estabelecida no Brasil	Muito bem estabelecida no Brasil
A técnica é não destrutiva?	Destrutiva	Não destrutiva
A técnica é utilizada na área de petróleo?	Não é utilizada	Muito utilizada
Qual a facilidade de obtenção do sinal/resposta?	Muito difícil	Muito fácil
Ambiente de instalação não controlado?	Muito controle	Sem necessidade de controle
O equipamento é de fácil atualização?	Muito difícil	Muito fácil
Qual a possibilidade de melhoria do sinal interferir diretamente na melhoria do corte de interface?	Nenhuma possibilidade	Alta possibilidade
Custo de manutenção	Alto custo	Baixo custo
Possui fácil manutenção?	Muito difícil	Muito fácil
Há assistência técnica no Brasil?	Nenhuma assistência	Há assistência
Qual a periodicidade de manutenção preventiva?	Alta periodicidade	Baixa periodicidade
Há necessidade de calibração do equipamento?	Não há necessidade	Há necessidade
A calibração é realizada no local?	Não é realizada no local	Realizada no local
Há necessidade de treinamento?	Alta necessidade	Baixa necessidade
Há necessidade de profissional especializado para operar o equipamento?	Há necessidade	Não há necessidade
Possui aplicação "on-line"?	Não possui	Possui
Há necessidade de "loop"?	Há necessidade	Não há necessidade
Qual o tempo de resposta?	Alto tempo	Baixo tempo
Possui impacto no meio ambiente?	Muito impacto	Não há impacto
Possui risco para a saúde do operador?	Muito risco	Não há risco
Há necessidade de EPI específico para operar o equipamento?	Muita necessidade	Não há necessidade
Qual o investimento inicial?	Alto investimento	Baixo investimento
Qual a taxa de depreciação do equipamento?	Alta taxa	Baixa taxa
Quanto tempo de vida útil?	Baixo tempo	Alto tempo

O desempenho de cada técnica, por critério selecionado, está apresentado nas figuras 6a e 6b.

		Matriz de decisão			Técnicas analíticas			
		Critérios			OID		IV(NIR e MID)	
Áreas	Pesos das áreas (pa)		Peso (pc)	Nota (z)	Nota (nt)	Nota (z)	Nota (nt)	
Tratamento de dados	2	O tratamento dos dados é simples?	5	1	10	5	50	
		A interpretação do sinal analítico é fácil?	9	1	18	5	90	
		SOMA			28		140	
Equipamento	5	O sinal gerado atende aos parâmetros de exigência das medidas?	10	2	100	5	250	
		A técnica é simples?	7	2	70	3	105	
		A tecnologia é bem estabelecida?	6	3	90	5	150	
		A tecnologia é bem estabelecida no Brasil?	7	1	35	5	175	
		A técnica é não destrutiva?	3	5	75	5	75	
		A técnica é utilizada na área de petróleo?	7	5	175	5	175	
		Qual a facilidade de obtenção do sinal/resposta?	10	4	200	5	250	
		Ambiente de instalação não controlado?	10	5	250	2	100	
		O equipamento é de fácil atualização?	6	4	120	4	120	
		Qual a possibilidade de melhoria do sinal interferir diretamente na melhoria do corte de interface?	7	4	140	4	140	
		SOMA			1255		1540	
Manutenção	5	Custo de manutenção	6	5	150	3	90	
		Possui fácil manutenção?	7	4	140	3	105	
		Há assistência técnica no Brasil?	10	5	250	5	250	
		Qual a periodicidade de manutenção preventiva?	7	4	140	3	105	
		Há necessidade de calibração do equipamento?	8	5	200	5	200	
		A calibração é realizada no local?	10	1	50	1	50	
		SOMA			930		800	

Figura 8a: Matriz de decisão das técnicas OID e IV (NIR e MID).

		Matriz de decisão			Técnicas analíticas			
		Critérios			OID		IV(NIR e MID)	
Áreas	Pesos das áreas (pa)		Peso (pc)	Nota (z)	Nota (nt)	Nota (z)	Nota (nt)	
Pessoas	3	Há necessidade de treinamento?	7	4	84	3	63	
		Há necessidade de profissional especializado para operar o equipamento?	8	3	72	3	72	
		SOMA			156		135	
Aplicação	4	Possui aplicação em linha?	10	5	200	0	0	
		Há necessidade de "loop"?	4	5	80	0	0	
		Qual o tempo de resposta?	9	4	144	4	144	
		SOMA			424		144	
SMS	3	Possui impacto no meio ambiente?	10	5	150	5	150	
		Possui risco para a saúde do operador?	10	5	150	5	150	
		Há necessidade de EPI específico para operar o equipamento?	9	5	135	5	135	
		SOMA			435		435	
Custo	4	Qual o investimento inicial?	10	4	160	2	80	
		Qual a taxa de depreciação do equipamento?	6	3	72	2	48	
		Quanto tempo de vida útil?	7	2	56	3	84	
		SOMA			288		212	
Nota final					3516		3406	

Figura 9b: Matriz de decisão das técnicas OID e IV (NIR e MID).

As duas técnicas analíticas obtiveram um desempenho geral muito próximo. A técnica de OID apresentou maior nota final. Mas, a diferença para técnica de IV foi de aproximadamente 3% através da análise pela matriz de decisão e uma diferença um pouco maior pela análise dos resultados da matriz SWOT. Esta diferença pode ser explicada, visto que a matriz SWOT faz uma análise externa que inclui o cenário político e econômico do momento e a matriz de decisão avalia a questão técnica.

Uma avaliação mais detalhada da matriz de decisão permite observar algumas diferenças significativas e isto só foi possível porque neste estudo foram selecionadas áreas.

A figura 7 apresenta o desempenho das técnicas OID e IV (NIR e MID) na área aplicação.

		Matriz de decisão			Técnicas analíticas			
		Critérios			OID		IV(NIR e MID)	
Áreas	Pesos das áreas (pa)		Peso (pc)	Nota (z)	Nota (nt)	Nota (z)	Nota (nt)	
Aplicação	4	Possui aplicação em linha?	10	5	200	0	0	
		Há necessidade de "loop"?	4	5	80	0	0	
		Qual o tempo de resposta?	9	4	144	4	144	
		SOMA			424		144	

Figura 10: Desempenho na área aplicação – extraído da figura 6.

A área **aplicação** gerou avaliações bem distintas. A técnica de OID obteve resultado bem melhor que a técnica de IV. Isto se deve ao fato de que o equipamento de OID ter aplicação em linha e não necessitar de “loop” para leitura das propriedades físicas dos derivados de petróleo, enquanto que o equipamento de IV (NIR e MID) não tem aplicação em linha conhecida para amostras líquidas.

A figura 8 apresenta o desempenho das técnicas OID e IV (NIR e MID) na área tratamento de dados.

		Matriz de decisão			Técnicas analíticas			
		Critérios			OID		IV(NIR e MID)	
Áreas	Pesos das áreas (pa)		Peso (pc)	Nota (z)	Nota (nt)	Nota (z)	Nota (nt)	
Tratamento de dados	2	O tratamento dos dados é simples?	5	1	10	5	50	
		A interpretação do sinal analítico é fácil?	9	1	18	5	90	
		SOMA			28		140	

Figura 11: Desempenho na área tratamento de dados – extraído da figura 6.

Na área **tratamento de dados** a técnica de IV obteve um resultado bem melhor que a técnica de OID. Isto se deve ao fato de que o equipamento de IV permitir fácil aquisição do sinal analítico e o software para tratamento de dados ser de fácil programação. No equipamento de OID não se tem informações de como os dados são tratados, de como a leitura das três propriedades físicas determinadas (índice

de refração, absorção e fluorescência) é transformada em uma resposta e de como o operador deve proceder com a variação do sinal.

A figura 9 apresenta o desempenho das técnicas de OID e de IV (NIR e MID) na área equipamento.

		Matriz de decisão			Técnicas analíticas			
		Critérios			OID		IV(NIR e MID)	
Áreas	Pesos das áreas (pa)		Peso (pc)	Nota (z)	Nota (nt)	Nota (z)	Nota (nt)	
Equipamento	5	O sinal gerado atende aos parâmetros de exigência das medidas?	10	2	100	5	250	
		A técnica é simples?	7	2	70	3	105	
		A tecnologia é bem estabelecida?	6	3	90	5	150	
		A tecnologia é bem estabelecida no Brasil?	7	1	35	5	175	
		A técnica é não destrutiva?	3	5	75	5	75	
		A técnica é utilizada na área de petróleo?	7	5	175	5	175	
		Qual a facilidade de obtenção do sinal/resposta?	10	4	200	5	250	
		Ambiente de instalação não controlado ?	10	5	250	2	100	
		O equipamento é de fácil atualização?	6	4	120	4	120	
		Qual a possibilidade de melhoria do sinal interferir diretamente na melhoria do corte de interface?	7	4	140	4	140	
SOMA					1255		1540	

Figura 12: Desempenho na área equipamento – extraído da figura 6.

Na área **equipamento** a técnica de IV obteve melhor desempenho que a técnica de OID principalmente porque o sinal gerado atende aos parâmetros de exigência das medidas.

A figura 10 apresenta o desempenho das técnicas OID e IV (NIR e MID) na área manutenção.

		Matriz de decisão			Técnicas analíticas			
		Critérios			OID		IV(NIR e MID)	
Áreas	Pesos das áreas (pa)		Peso (pc)	Nota (z)	Nota (nt)	Nota (z)	Nota (nt)	
Manutenção	5	Custo de manutenção	6	5	150	3	90	
		Possui fácil manutenção?	7	4	140	3	105	
		Há assistência técnica no Brasil?	10	5	250	5	250	
		Qual a periodicidade de manutenção?	7	4	140	3	105	
		Há necessidade de calibração do equipamento?	8	5	200	5	200	
		A calibração é realizada no local?	10	1	50	1	50	
		SOMA				930		800

Figura 13: Desempenho na área manutenção – extraído da figura 6.

Na área **manutenção** a técnica de OID foi a que obteve um resultado melhor que a técnica de IV. Isto se deve ao fato, principalmente, de que o equipamento de OID ser, aparentemente, mais robusto.

Nas áreas **custo** e **pessoas** as duas técnicas obtiveram desempenhos bastante semelhantes. Porém, o investimento inicial da técnica de OID é menor que o de IV. Na área pessoas a técnica de OID tem maior necessidade de treinamento para interpretação do sinal o que, conseqüentemente, reflete na tomada de decisão.

Na área de **SMS/meio ambiente** as duas técnicas obtiveram o mesmo desempenho.

5.4.2. FUNÇÃO DESEJO DE DERRINGER

As duas técnicas analíticas pré selecionadas na matriz SWOT, OID e IV(NIR e MID), foram analisadas mais detalhadamente pela função desejo de Derringer. Foram estudados seis critérios e para cada um deles os valores considerados desejáveis foram convertidos para valores compreendidos em uma escala que varia entre zero e um. Os critérios foram selecionados de forma que representassem as áreas da matriz de decisão. Os critérios estudados para avaliar cada técnica analítica foram:

- Custo de implantação da técnica.
- Custo de manutenção da técnica.
- Possibilidade de instalação em linha.
- A tecnologia é bem estabelecida.
- O sinal gerado atende os parâmetros de exigência das medidas.
- Há necessidade de interpretação sinal/resposta para tomada de decisão.

Custo de implantação da técnica

Neste critério a função desejo (d) foi definida como apresentado pelo gráfico 1.

$d = 0$ se o custo de implantação da técnica analítica for a partir de R\$ 200.000,00

$d = 1$ se o custo de implantação da técnica analítica for menor ou igual a R\$50.000,00

$r = 1$ porque entre 0 e 1 a escala é linear.

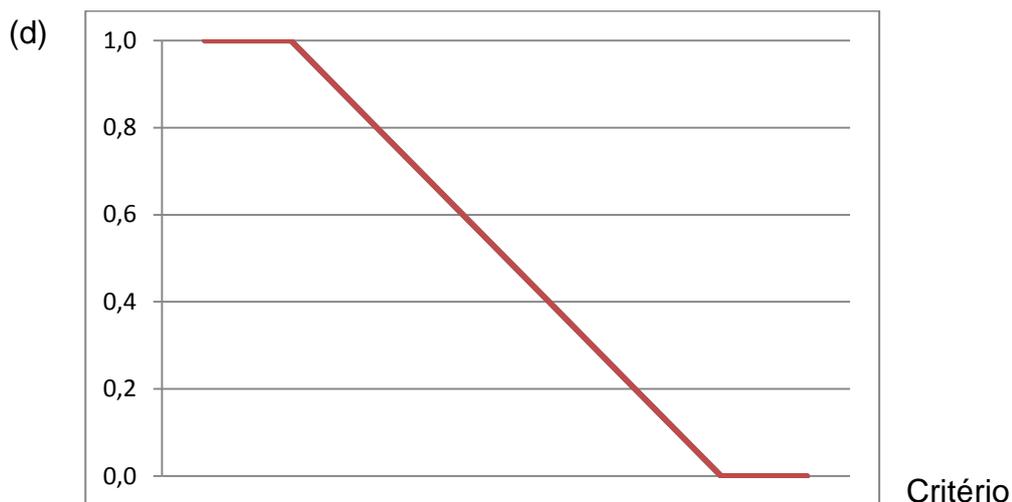


Gráfico 1: Representação gráfica da função para o critério "Custo de implantação da técnica".

Qualquer valor entre R\$50.000,00 e R\$200.000,00 segue a escala apresentada na tabela 13.

Tabela 13: Atribuição de valores para o critério "Custo de implantação da técnica".

Valor	Custo (R\$)
1,0	<50.000,00
0,8	50.000,00 a 80.000,00
0,6	80.000,00 a 110.000,00
0,4	110.000,00 a 140.000,00
0,2	140.000,00 a 170.000,00
0	170.000,00 a 200.000,00

Foi realizada uma pesquisa de preço com fornecedores de equipamentos de OID e de IV para conhecimento do custo destes equipamentos. Um equipamento de OID custa em torno de 75 a 80 mil reais. Assim, a função desejo (d) para técnica de OID é 0,8. O custo de um equipamento de IV é em torno de 160 mil reais, o que, pela tabela 13 equivale a função desejo (d) igual a 0,2.

Custo de manutenção da técnica

Neste critério a função desejo (d) foi definida como apresentado no gráfico 2. $d = 0$ se o custo de manutenção da técnica analítica for muito alto.

$d = 1$ se o custo de manutenção da técnica analítica for muito baixo.

$r = 1$ porque entre 0 e 1 a escala é linear.

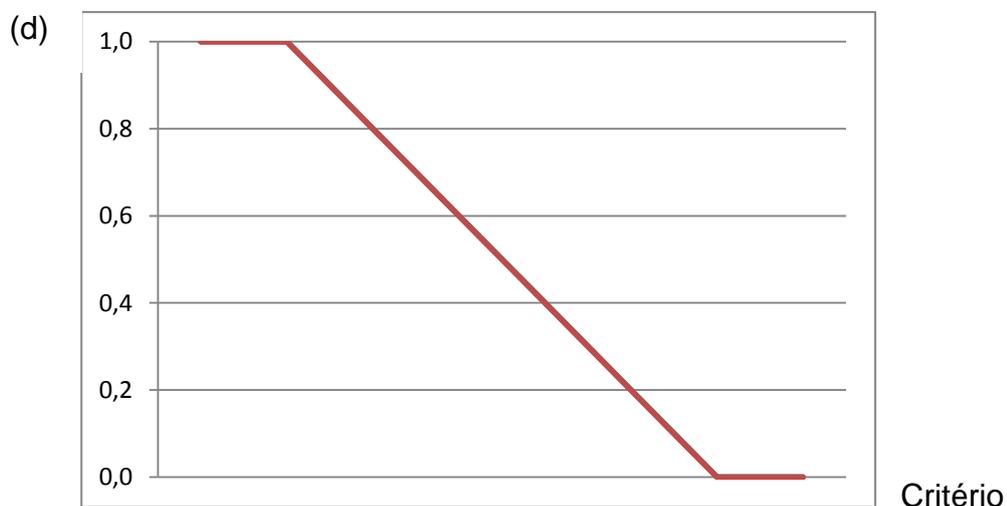


Gráfico 2: Representação gráfica da função para o critério "Custo de manutenção da técnica".

A tabela 14 apresenta os critérios utilizados para avaliação das técnicas.

Tabela 14: Atribuição de valores para o critério "Custo de manutenção da técnica".

Valor	Custo (R\$)
1,0	<500,00
0,8	500,00 a 1.000,00
0,6	1.000,00 a 1.500,00
0,4	1.500,00 a 2.000,00
0,2	2.000,00 a 2.500,00
0	>2.500,00

O critério "custo de manutenção da técnica" foi avaliado em termos do tempo de visita técnica para definição do problema. Este tempo foi traduzido em custo (tabela 14) tendo o valor de R\$200,00 como valor médio da hora cobrada por um profissional especializado. A função desejado (d) para técnica de OID é 0,6 e para técnica de IV (NIR e MID) 0,4.

Possibilidade de instalação em linha

Neste critério a função desejo (d) foi definida como apresentado no gráfico 3.

$d = 0$ se não houver possibilidade de instalação da técnica em linha.

$d = 1$ se já houver aplicação da técnica analítica em linha.

$r = 1$ porque entre 0 e 1 a escala é linear.

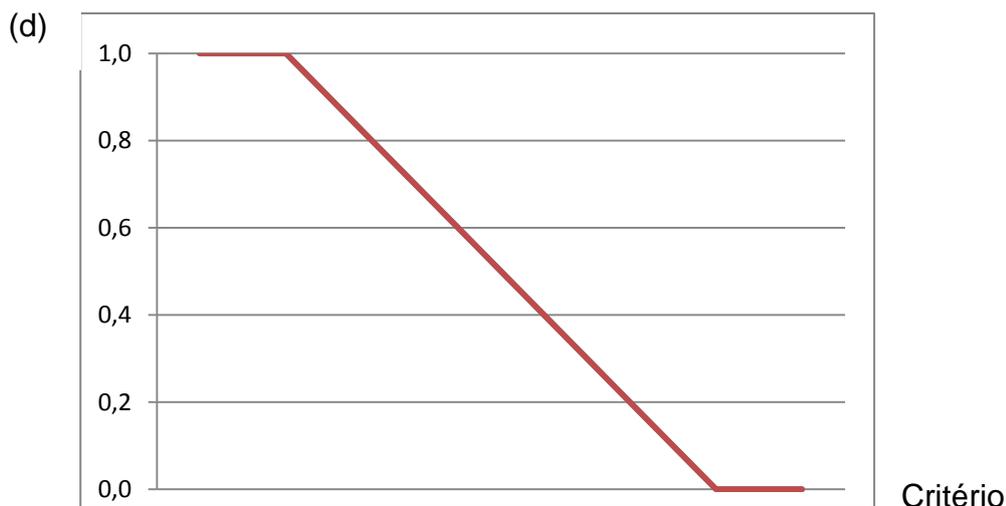


Gráfico 3: Representação gráfica da função para o critério "Possibilidade de instalação em linha".

A tabela 15 apresenta os critérios utilizados para avaliação das técnicas.

Tabela 15: Atribuição de valores para o critério "Possibilidade de instalação em linha".

Valor	Possibilidade de instalação em linha
1,0	Já existe aplicação em linha
0,8	Existe alta possibilidade de aplicação em linha
0,6	Existe média possibilidade de aplicação em linha
0,4	Existe baixa possibilidade de aplicação em linha
0,2	Existe remota possibilidade de aplicação em linha
0	Não existe possibilidade de aplicação em linha

Neste critério, a técnica de OID obteve valor 1,0 para a função desejo (d), pois já existem equipamentos operando em linha no Brasil e no exterior. O gráfico

da figura 11 apresenta o número de equipamentos de OID vendidos para operação em linha no mundo, nos últimos 12 anos.

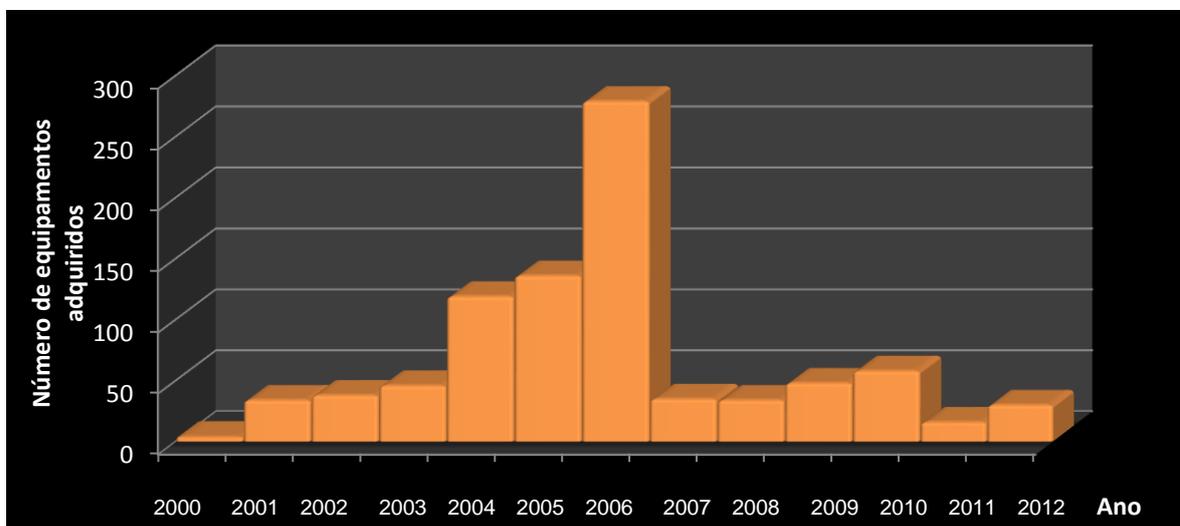


Figura 14: Gráfico do número de equipamentos de OID adquiridos no mundo ao longo dos últimos 12 anos.

No Brasil até 2012 tinham sido adquiridas 12 unidades.

A técnica de IV (NIR e MID) obteve $(d) = 0,4$ porque ainda não tem equipamento em linha para determinação de corte de interface. Porém, existem equipamentos de IV em linha para outras aplicações e, segundo informações técnicas obtidas por um fornecedor já existe tecnologia que possa ser adaptada para esta aplicação. A partir destas informações seria possível até atribuir valor de (d) igual a 0,6 ou 0,8 para este critério. Porém, optou-se por um valor de (d) mais conservador.

A tecnologia é bem estabelecida

Neste critério a função desejo (d) foi definida como apresentado no gráfico 4.

$d = 0$ se a tecnologia não for estabelecida.

$d = 1$ se a tecnologia for muito bem estabelecida.

$r = 1$ porque entre 0 e 1 a escala é linear.

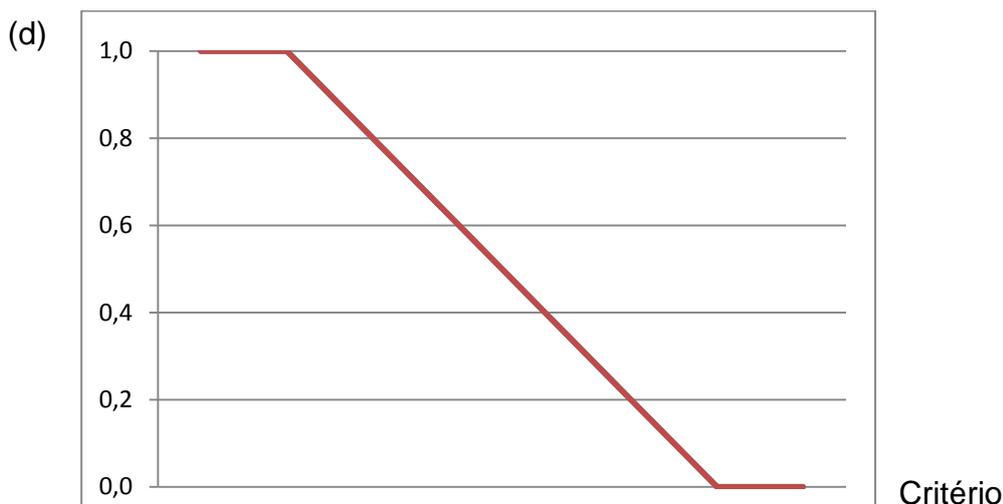


Gráfico 4: Representação gráfica da função para o critério "A tecnologia é bem estabelecida".

A tabela 16 apresenta os critérios utilizados para avaliação das técnicas.

Tabela 16: Atribuição de valores para o critério "A tecnologia é bem estabelecida".

Valor	Tecnologia é bem estabelecida
1,0	A tecnologia é muito bem estabelecida
0,8	A tecnologia é bem estabelecida
0,6	A tecnologia é razoavelmente estabelecida
0,4	A tecnologia é pouco estabelecida
0,2	A tecnologia é muito pouco estabelecida
0	A tecnologia não é estabelecida

A função desejo (d) para técnica de IV (NIR e MID) é 1,0 porque a tecnologia é muito bem estabelecida. O princípio de funcionamento do equipamento de IV é bem conhecido, assim como a obtenção do sinal analítico e o tratamento de dados. A técnica de OID obteve valor de (d) 0,2 pois se sabe que é realizada a leitura de três propriedades físicas: índice de refração, absorção e fluorescência. Mas, não se sabe como a leitura destas três propriedades se converte em um único número e qual interpretação se dá a este referido número.

O sinal gerado atende os parâmetros de exigência das medidas.

Neste critério a função desejo (d) foi definida como apresentado no gráfico 5.
 $d = 0$ se o sinal gerado não atende os parâmetros de exigência das medidas.
 $d = 1$ se o sinal gerado atende completamente os parâmetros de exigência das medidas.
 $r = 1$ porque entre 0 e 1 a escala é linear.

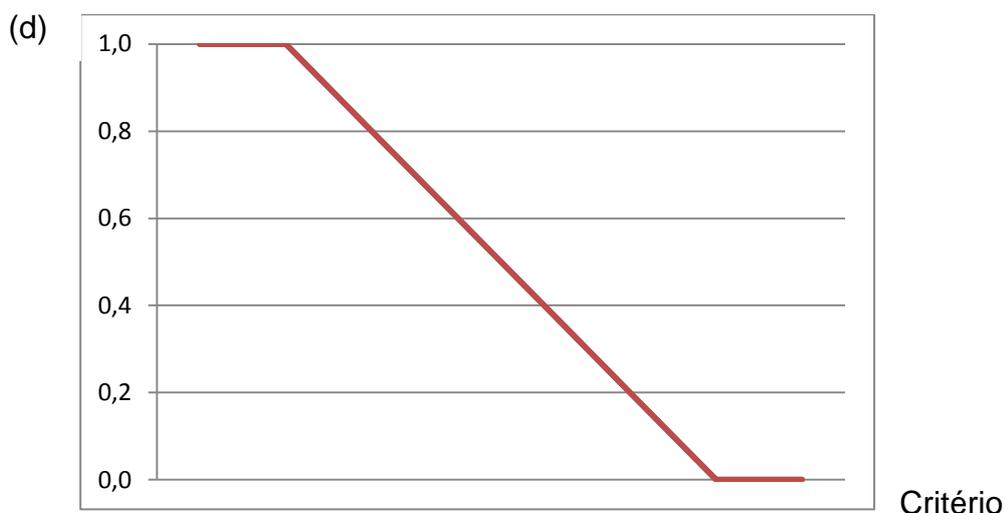


Gráfico 5: Representação gráfica da função para o critério “O sinal gerado atende os parâmetros de exigência das medidas”.

A tabela 17 apresenta os critérios utilizados para avaliação das técnicas.

Tabela 17: Atribuição de valores para o critério “O sinal gerado atende os parâmetros de exigência das medidas”.

Valor	O sinal gerado atende os parâmetros de exigência das medidas
1,0	O sinal gerado atende completamente os parâmetros de exigência das medidas
0,8	O sinal gerado atende os parâmetros de exigência das medidas
0,6	O sinal gerado atende razoavelmente os parâmetros de exigência das medidas
0,4	O sinal gerado atende pouco os parâmetros de exigência das medidas
0,2	O sinal gerado atende muito pouco os parâmetros de exigência das medidas
0	O sinal gerado não atende os parâmetros de exigência das medidas

A função desejo (d) para técnica de OID foi estimado como 0,2 e para técnica de IV (NIR e MID) como 1,0. O valor de 1,0 foi estipulado porque é possível definir de forma satisfatória o ponto de corte. O mesmo não pode ser dito para OID já que em nenhum lugar foi encontrada qualquer referência sobre adequação da tomada de decisão para o corte de interface a partir do sinal deste equipamento.

Há necessidade de interpretação do sinal/resposta para tomada de decisão

Neste critério a função desejo (d) foi definida como apresentado no gráfico 6.
 $d = 0$ se a tomada de decisão depende completamente da interpretação do sinal
 $d = 1$ se não há necessidade de interpretação do sinal/resposta para tomada de decisão
 $r = 1$ porque entre 0 e 1 a escala é linear.

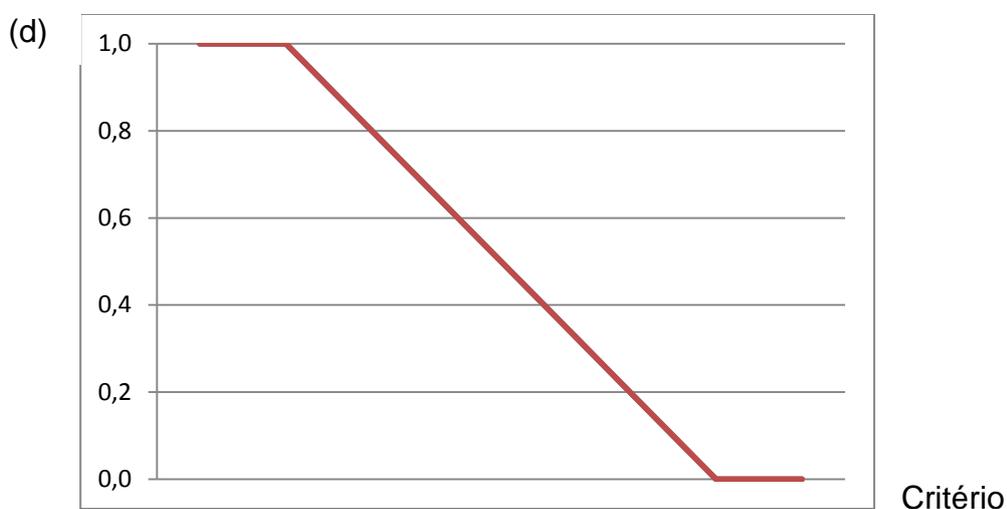


Gráfico 6: Representação gráfica da função para o critério “*Há necessidade de interpretação do sinal/resposta para tomada de decisão*”.

A tabela 18 apresenta os critérios utilizados para avaliação das técnicas.

Tabela 18: Atribuição de valores para o critério “*Há necessidade de interpretação do sinal/resposta para tomada de decisão*”.

Valor	Há necessidade de interpretação do sinal/resposta para tomada de decisão
1,0	Não há necessidade de interpretação do sinal/resposta para tomada de decisão
0,8	Muito pouca necessidade de interpretação do sinal/resposta para tomada de decisão
0,6	Pouca necessidade de interpretação do sinal/resposta para tomada de decisão
0,4	Média necessidade de interpretação do sinal/resposta para tomada de decisão
0,2	A tomada de decisão depende muito da interpretação do sinal
0	A tomada de decisão depende completamente da interpretação do sinal

Neste critério a técnica de IV (NIR e MID) obteve valor 1,0 na função desejo (d) porque a leitura, o tratamento do sinal e a tomada de decisão do corte podem ser completamente automatizados. Já para técnica de OID o mesmo não pode ser dito. O resultado da aplicação desta técnica é na forma de um gráfico cuja interpretação depende da experiência do operador, o que pode acarretar decisões de corte diferentes. Por isso, foi sugerido o valor de 0,2 para esta técnica.

A tabela 19 apresenta o desempenho das técnicas de OID e de IV (NIR e MID) em relação aos critérios estudados.

Tabela 19: Desempenho das técnicas OID e IV (NIR e MID).

Critérios	OID	IV (NIR e MID)
Custo de implantação da técnica	0,8	0,2
Custo de manutenção da técnica	0,6	0,4
Possibilidade de instalação em linha	1,0	0,4
A tecnologia é bem estabelecida	0,2	1,0
O sinal gerado atende aos parâmetros de exigência das medidas	0,2	1,0
Há necessidade de interpretação sinal/resposta para tomada de decisão	0,2	1,0

Os valores de D calculados para as técnicas de **OID** e de **IV** a partir da equação 1 estão apresentados a seguir.

$$D_{OID} = (0,8 \times 0,6 \times 1,0 \times 0,2 \times 0,2 \times 0,2)^{1/6}$$

$$D_{OID} \approx 0,4$$

$$D_{IV} = (0,2 \times 0,4 \times 0,4 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0)^{1/6}$$

$$D_{IV} \approx 0,6$$

Através da aplicação da técnica de Derringer, pode se observar que a técnica de IV é superior a de OID. O contrário foi observado através da matriz de decisão. No entanto, a diferença foi bem pequena entre as duas (cerca de 3%). Uma melhora em alguma das áreas pode significar uma inversão na conclusão. Basta, por exemplo, a confirmação da aplicação em linha desta técnica.

Embora a diferença entre as técnicas seja bem mais significativa no Derringer, isto pode ser um reflexo dos critérios terem sido definidos de forma mais abrangente.

6 CONCLUSÕES

A proposta de uma estratégia para ajudar a tomada de decisão em relação investimentos/modificações/controle em Química não está descrita na literatura. A aplicação desta estratégia se mostrou bem coerente, se levados em consideração os resultados encontrados.

A seleção das ferramentas (matriz SWOT, matriz de decisão e função desejo de Derringer) podem levar a diferentes conclusões, dependendo dos pesos e notas que cada um aplicar. Por esta razão, é fundamental para uma aplicação coerente destas ferramentas, que se tenha muito conhecimento sobre o assunto estudado. No caso particular do corte de interface, é necessário conhecimento das técnicas analíticas.

A matriz SWOT pode ajudar muito a simplificar a tomada de decisão, já que permite diminuir as possíveis opções.

A modificação proposta para a aplicação da matriz de decisão, isto é, a criação das áreas, mostrou-se bastante interessante, uma vez que se pode avaliar também a exeqüibilidade de investimentos/esforços em uma delas de modo a inverter ou favorecer uma aplicação.

O uso das funções desejo de Derringer deve ser feito com cuidado uma vez que as diferenças são mais significativas para este tipo de ferramenta. Porém, os resultados se mostraram bastante consistentes.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, P. W.; LUENGO, C. A.; ALONSO, A. M. A.L.; GARCIA DEL PINO, G.; DUVOISIN, S. Practical implementation of liquid biofuels: The transferability of the Brazilian experiences. **Energy Policy**, 60, 70-80, 2013.

BALABIN, R. M.; SAFIEVAB, R. Z.; LOMAKINAC, E. I. Gasoline classification using near infrared (NIR) spectroscopy data: Comparison of multivariate techniques **Analytica Chimica Acta**, v.671, p.27–35, 2010.

BALABIN, R. M.; SAFIEVAB, R. Z. Biodiesel classification by base stock type (vegetable oil) using near infrared spectroscopy data. **Analytica Chimica Acta**, v.689, p.190–197, 2011.

BALABIN, R. M.; LOMAKINA, E. I.; SAFIEVA, R. Z. Neural network (ANN) approach to biodiesel analysis: Analysis of biodiesel density, kinematic viscosity, methanol and water contents using near infrared (NIR) spectroscopy. **Fuel**, v.90, p.2007–2015, 2011.

BAPTISTA, R. M.; RACHID, F. B. F.; ARAUJO, J. H. C. Modelagem para a contaminação entre bateladas fluído num duto considerando-se a abordagem transiente. In: Seminário Brasileiro de Dutos, 2., 1999.

BAPTISTA, R. M.; RACHID, F. B. F.; ARAUJO, J. H. C. Estimating mixing volumes between batches in multiproduct pipelines. In: International pipeline Conference, 2000, Calgary, Alberta, Canada. **Proceedings**, 2000.

BAPTISTA, R. M.; RACHID, F. B. F.; ARAUJO, J. H. C. Interface contamination modeling in pipeline batch transfers. In: ETCE/OMAE2000 Joint Conference Energy for the New Millenium, 2000, New Orleans, LA, USA. **Proceedings**, 2000.

BAPTISTA, R. M.; RACHID, F. B. F.; ARAUJO, J. H. C. Mixing volume determination in batch transfers through sonic detectors. 2000.

CARVALHEIRA, L. **Desenvolvimento, otimização e validação parcial de método para determinação de pureza radioquímica da metaiodobenzilguanidina marcada com iodo 123 (123I-MIBG)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Química Analítica), Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

CHENGZHEN, Z.; HARBERT, T. Optical technology improves batch cutting, quality determination. **Oil and Gas Journal**, v.102, issue 16, 2002.

COUTO, N. C. Separação de produtos em polidutos utilizando *pigs*-espuma de baixa densidade. Relatório PETROBRAS, Rio de Janeiro, 1998.

DE AGUIAR, P. F.; HEYDEN, Y. V.; MASSART, D. L. Study of different criteria for the selection of a rugged optimum in high performance liquid chromatography optimisation. **Analytica Chimica Acta**, v.348, p.223-235, 1997.

DOS SANTOS, S. C. A.; PINTO, P. R. Z.; DE AGUIAR, P. F.; DA SILVA, M. T.; DE OLIVEIRA, E. C. Application of chemometric tools to define online interface cut in multiproduct pipeline. In: *Chemometrics in Analytical Chemistry*, 13., 2012, Budapest, Hungary, 2012.

DOUMPOS, M.; ZOPOUNIDIS, C. *Multicriteria Decision Aid Classification Methods*, Dordrecht (Nederland): Kluwer, 2002.

FERNANDEZ-RONCO, M. P.; DE LUCAS, A.; RODRIGUEZ, J. F.; GARCIA, M. T.; GRACIA, I. New considerations in the economic evaluation of supercritical processes: Separation of bioactive compounds from multicomponent mixtures. **Journal of Supercritical Fluids**.79, 345-355, 2013.

GAVIN, S. D. Cut point optimization of diesel oil – gasoline interfaces. In: *International pipeline Conference*, 7., 2008, Calgary, Alberta, Canada. **Proceedings**, 2008.

GAVIN, S. D.; GONELLA, M. I. Custody transfer management in pipelines. In: International pipeline Conference, 7., 2008, Calgary, Alberta, Canada. **Proceedings**, 2008.

GONG, J.; CHENGZHEN, Z. QIN, Q. Comparative analyses on calculation of contaminated volume of multiproduct pipeline caused by stoppage. In: International pipeline Conference, 7., 2008, Calgary, Alberta, Canada. **Proceedings**, 2008.

HERRÁN, A., DE LA CRUZ, J.M., DE ANDRÉS, B. A mathematical model for planning transportation of multiple petroleum products in a multi-pipeline system. **Computers and Chemical Engineering**, 34, 401-413, 2010.

JING, G.; CHENGZHEN, Z. Comparative analyses on calculation of contaminated volume of multi-product pipeline caused by stoppage. In: International pipeline Conference, 7., 2008, Calgary, Alberta, Canada. **Proceedings**, 2008.

KELLER, H. R.; MASSART, D. L.; BRANS, J. P. Multicriteria decision making: a case study. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v.11, p.175-189, 1991.

Legal Information Institute, disponível em: <http://www.law.cornell.edu/>. Acesso em: 27 de setembro de 2013.

MALCZEWSKI, J. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons, New York. 1999.

MASSART, D. L.; VANDEGINSTE, B. G. M.; BUYDENS, L. M. C.; JONG, S.; LEWI, P. J.; SMEYERS-VERBEKE, J. **Handbook of chemometrics and qualimetrics: part A**. Elsevier, 1997.

MORITZ, G. O.; TOSTA, K. C. B. T.; CAVALCANTE, M. M.; TAKEDA, R. Aplicabilidade da prospecção de cenários como ferramenta de auxílio na tomada de decisão em gerenciamento de eventos. **V Congresso de Excelência em Gestão**, 2009.

MOUSSEAU, V. Compensatoriness of Preferences in Matching and Choice. **Foundations of Computing and Decision Sciences**, 22(1), 3-19. 1997.

PLAZA-DIAZ, J.; AUGUSTIN, O. M.; HERNANDEZ, A. G. Food as sources of mono and disaccharides: biochemical and metabolic aspects. **Nutricion Hospitalaria** 28, 4, 5-16, 2013.

PORTER, M. E.; **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. 7.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

RACHID, F. B. F.; ARAUJO, J. H. C.; BAPTISTA, R. M. A fully-coupled transient model for predicting interface contamination in product pipelines. In: International Mechanical Engineering Congress and Exposition, 2001, New York, New York, USA. **Proceedings**, 2001.

RACHID, F. B. F.; ARAUJO, J. H. C.; BAPTISTA, R. M. Predicting Mixing Volumes in Serial Transport in Pipelines. **Journal of Fluids Engineering**, v.124, p.528-534, 2002.

RIBEIRO, M. G. T. C.; MACHADO, A. A. S. C. Novas métricas holísticas para avaliação da veracidade de reações de síntese em laboratório. **Química Nova**, v.35, n.9, p.1879-1883. 2012.

RUDD, W.; LINNETT, L. **A method for determining the location of an interface region in a medium and associated apparatus**. WO 2011/010096 A1, 27 jan. 2011.

SALOMON, V. A. P. **Desempenho da modelagem do auxílio à decisão por múltiplos critérios na análise do planejamento e controle da produção.** 2004. Tese (Doutorado em Engenharia) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

SASIKUMAR, M., PRAKASH, P.R., PATIL, S.M., & RAMANI, S. PIPES: A heuristic search model for pipeline schedule generation. **Knowledge Based Systems**, 10, 169-175, 1997.

SOARES, E. F.; CORREIA, P. T. A.; QUEIROZ, C. W. T.; ANDRADE, J. M.; BUENO, A. F.; MOLINA, C. C.; MINUSSI, A. S. N.; VIANNA, J. C. N. Relatório do projeto piloto para otimização do corte de interfaces e preservação de combustíveis de baixíssimo teor de enxofre. Relatório PETROBRAS, 2011.

SPEIGHT J. G. **The chemistry and technology of petroleum**, CRC Press, 4ed., cap.5.7, 2006.

TARAPANOFF, K. (org). **Inteligência Organizacional e Competitiva**, Brasília: Editora UNB, 2001.

TECHO, R., & HOLBROOK, D. L. Computer scheduling the world's biggest product pipeline. **Pipeline and Gas Journal**, 4, 27, 1974.

TEPEDINO, A.; RACHID, F. B. F.; BAPTISTA, R. M.; ARAUJO, J. H. C. Pipeline batch cut optimization by taking into account the quality of the products at the tanks. In: International pipeline Conference, 7., 2008, Calgary, Alberta, Canada. **Proceedings**, 2008.

TIFANY, P.; PETERSON, S. **Planejamento Estratégico**: Editora Campus, 2000, p.146.

TULESKI, Y. M. **Tutorial: Análise SWOT**. Disponível em <<http://www.cedet.com.br>>. Acesso em: 23 de setembro de 2013

VON WINTERFELDT, D. & EDWARDS, W. *Decision Analysis and Behavioural Research*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 1986.

WRIGHT, J. T. C.; PEREIRA, A. M. Levantamento e análise de métodos de elaboração e utilização de cenários nas empresas brasileiras. VII Seminários em administração, 2004.

WU, C.; ZHANG, J.; LI, W.; WANG, Y.; CAO, H. Artificial neural network model to predict cold filter plugging point of blended diesel fuels. **Fuel Processing Technology**, v.87, p.585-590, 2006.

YARBOROUGH, V.A. Colonial pipeline tests interface-detector methods. **Oil and Gas Journal**, v.99, issue 32, 2001.

ZAMBON, K. L., CARNEIRO, A. A. F. M., DA SILVA, A. N. R., NEGRI, J. C. Análise de decisão multicritério na localização de usinas termoelétricas utilizando SIG, **Pesquisa Operacional**, v.25, n.2, p.183-199,2005.