

INOVAÇÃO DE PROCESSO DA PREVISÃO DE DEMANDA COM O USO DO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

DEMAND FORECASTING PROCESS OF INNOVATION USING THE METHOD ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Dey Salvador Sánchez Rodríguez¹; Helder Gomes Costa²; Augusto da Cunha Reis³; Eliana Andrea Severo⁴; Julio Cesar Ferro de Guimarães⁵

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Pontifícia Universidade Católica – PUC-Rio – Rio de Janeiro/RJ – Brasil
deysalvador@gmail.com

²Mestrado em Sistemas de Gestão – MSG/UFF
Universidade Federal Fluminense – UFF – Niterói/RJ – Brasil
hgc@vm.uff.br

³Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção- PPPRO
Centro Federal de Ed. Tec. Celso S. Fonseca – CEFET/RJ – Rio de Janeiro/RJ – Brasil
Mestrado em Sistemas de Gestão – MSG/UFF
Universidade Federal Fluminense – UFF – Niterói/RJ – Brasil
augusto@aaa.puc-rio.br

⁴Programa de Pós-Graduação Mestrado em Administração – PPGA/IMED
Faculdade Meridional – IMED – Passo Fundo/RS – Brasil
elianasevero2@hotmail.com

⁵Programa de Pós-Graduação Mestrado em Administração – PPGA/IMED
Faculdade Meridional – IMED – Passo Fundo/RS – Brasil
juliofcguimaraes@yahoo.com.br

Resumo

A inovação de processo por meio do uso do Analytic Hierarchy Process, baseia-se no método newtoniano e cartesiano do pensamento, que busca tratar a complexidade de um problema com a decomposição e divisão do problema em fatores, o que têm mostrado potencial para reduzir o erro de previsão de demandas. Perante o exposto, o estudo tem como objetivo estruturar uma modelagem no contexto das projeções de demanda, que integre técnicas multicriteriais para ajustes de previsão de demanda a partir de elementos qualitativos. A modelagem proposta foi aplicada em uma Empresa de Pesquisa Energética, a qual é responsável pela realização de estudos para definição da Matriz Energética e planejamento da expansão do setor elétrico. Com os resultados foi possível comprovar a operacionalidade e aplicabilidade do modelo, sua flexibilidade e capacidade de lidar com fatores tangíveis e intangíveis, contribuindo com a obtenção de resultados satisfatórios e que permitam diminuir as incertezas na previsão, e desenho de cenários futuros com mais probabilidades de ocorrência.

Palavras-chave: inovação de processo; previsão de demanda; análise multicritério; AHP.

Abstract

The innovation process by using the Analytic Hierarchy Process, is based on Newtonian and Cartesian method of thought which seeks to address the complexity of a problem with the breakdown problem and the division factors, which have shown potential to reduce the demand forecast error. In view of this, the study aims to structure a modeling in the context of demand projections, integrating multicriteria techniques for demand forecasting adjustments from qualitative elements. The proposed model was applied in Energy Research Company, which is responsible for carrying out studies to define the energy matrix and planning the expansion of the electricity sector. The results it was possible to demonstrate the operability and applicability of the model, its flexibility and ability to handle tangible and intangible factors contributing to the satisfactory results and that allow reducing the uncertainties in forecasting, and design of future scenarios most likely to occurrence.

Key-words: process innovation; demand forecasting; multi-criteria analysis; AHP.

1. Introdução

O processo de decisão em um ambiente complexo normalmente envolve dados imprecisos e/ou incompletos, múltiplos critérios e vários agentes de decisão (GOMES; MOREIRA 1998). De forma geral, os processos de tomada de decisões abrangem diferentes ambientes e múltiplos objetivos. Uma vez definido o objetivo desejado, são estabelecidos critérios de avaliação de opções de estratégias ou escolha de alternativas.

Diante da necessidade de inovação do processo decisório na avaliação de *forecasting*, esta pesquisa tem o objetivo de estruturar uma modelagem no contexto das projeções de demanda, por meio do uso do Analytic Hierarchy Process (AHP), o qual integra técnicas multicriteriais para ajustes de previsão de demanda a partir de elementos qualitativos não captáveis na série histórica, bem como através de opiniões de analistas experts no setor objeto de estudo.

2. Referencial teórico

2.1 Previsão de demanda

O processo de fazer *forecasting* geralmente é desenvolvido a partir de duas premissas principais, o tratamento de dados históricos relacionados com o comportamento no consumo por parte da sociedade de um bem ou serviço em um determinado período de tempo e a análise de fatores externos à organização, como fatores econômicos, sociais, políticos e concorrência bem como as possibilidades de desempenhos positivos ou negativos no futuro.

Bermúdez et al. (2006) apresenta um modelo para previsão de demanda orientado para o controle de estoques e planejamentos de negócios, modelo este que integra os métodos de suavização exponencial de Series temporal (Holt-Winters) com a abordagem multicritério dos conjuntos *fuzzy*. Esta metodologia unifica as fases de avaliação e seleção do modelo em uma estrutura de otimização que permite a identificação de soluções robustas, procedimento este que

permite proporcionar a obtenção de previsões para cada uma das diferentes versões do modelo de suavização exponencial (Holt-Winters), através de um processo de ajuste e atualização de fórmulas e selecionar a versão do modelo que melhor se adapta à problemática e que oferece previsões mais robustas. Voulgaridou et al. (2009), tratam a previsão de vendas para novos produtos. Este evento é considerado como difícil de prever, onde geralmente os métodos tradicionais são pouco precisos, por causa da quantidade mínima de dados e da incerteza natural em torno de um novo produto no mercado. Este estudo propõe um novo modelo de previsão de vendas, baseado no método de análise multicritério ANP (*Analytic Network Process*).

2.2 Auxílio multicritério à decisão

Para Arquero et al. (2009), a tomada de decisões é um processo crítico, especialmente quando se procura selecionar a melhor alternativa entre um conjunto, procurando alcançar um objetivo estabelecido previamente. Embora existam diferentes formas de lograr o propósito, estas geralmente envolvem múltiplas variáveis de avaliação, o que aumenta a complexidade da decisão, devido a que estas variáveis comumente são de natureza diferente.

Neste contexto e considerando problemas de tomada de decisão com m critérios e n alternativas, representados pelos conjuntos de critérios $C = \{C_1, C_2, \dots, C_i, \dots, C_m\}$ e de alternativas $A = \{A_1, A_2, \dots, A_j, \dots, A_n\}$, os métodos multicritérios, basicamente, utilizam uma matriz de decisão com a disposição dos seus elementos.

Segundo Fülöp (2005), os métodos multicritérios exigem a atribuição de pesos W_i a cada um dos critérios C_i do problema, de acordo com o julgamento do decisor. Esses pesos variam de método para método e devem refletir a importância relativa dos critérios da decisão. Em seguida, para cada alternativa A_j , é feita uma pontuação a_{ij} para descrever o desempenho da alternativa em relação a cada critério C_i . A partir desses pesos e pontuações, cada método associará valores para as alternativas, que são avaliadas para a tomada da decisão. Os valores $X_1, \dots, X_j, \dots, X_n$ associados às alternativas da tabela de decisão são determinados nos métodos multicritérios de acordo com a classe a que pertencem. Métodos da classe que têm como base a Teoria da Utilidade de Múltiplos Critérios utilizam funções de utilidade para agregar os pesos W_i dos critérios às pontuações a_{ij} e determinar os valores de utilidade X_j que indicam o desempenho de cada alternativa A_j . Normalmente, o valor de utilidade mais alto leva a um desempenho melhor da alternativa correspondente (KEENEY et al., 1976), o que pode apontar para uma solução do problema ou alternativa de ação.

Entretanto, tem-se outra classe de métodos multicritérios que pode identificar como aquela que se baseia nos Métodos de Sobre-classificação (*Outranking*) ou Categorização, nos quais os

valores W_i e a_{ij} são usados para determinar a categorização de cada alternativa A_j . O conceito de categorização foi proposto por Roy (1968) e consiste em determinar a preferência de uma alternativa A_j em relação à alternativa A_k , ou o nível de concordância ou discordância de uma em relação à outra, levando-se em conta os critérios do problema.

3 Método analytic hierarchy process

O método escolhido para a abordagem dos processos de modelagem de cenários futuros integrados com a análise multicritério foi o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), devido à sua adequação a decisões no plano estratégico. O método AHP baseia-se no método newtoniano e cartesiano do pensamento, que busca tratar a complexidade de um problema com a decomposição e divisão do problema em fatores. Estes, por sua vez, podem ser descompostos em novos fatores, até o nível mais baixo ou necessário, fatores estes que devem ser claros e dimensionáveis, e estabelecendo as relações entre os fatores, com o propósito de sintetizar. Vaidyaa e Kumarb (2006) contribuem com a discussão ao afirmar que AHP é uma ferramenta de tomada de decisão multicritério que tem sido utilizado em quase todas as aplicações relacionadas com a tomada de decisão.

A literatura destaca a existência de pesquisas que integram o método AHP a processos de previsão de demanda. Segundo Saaty e Vargas (1980), um dos primeiros modelos de previsão usando o AHP foi implementado em 1978, para prever os resultados dos jogos de xadrez de Karpov–Karchroineste. Depois do sucesso do AHP nesta aplicação, este foi adaptado para prever o comportamento da concorrência (SAATY; VARGAS, 1985). Segundo Yuksel (2007), o uso do método AHP nas previsões pode-se dividir em dois grupos: i) usou do AHP em processos de previsões usando os julgamentos de especialistas em áreas como, o planejamento de inventários, logística industrial e previsão de vendas; ii) o usou do AHP para ajustar as previsões.

Neste contexto, Yuksel (2007) constrói um modelo de previsão das flutuações da demanda no setor hoteleiro. Coerentemente, é integrado o AHP a modelos de previsão tradicionais como ARIMA, suavização exponencial de Series temporal (Holt–Winters), media móvel ou Métodos de decomposição. Com o auxílio de entrevistas a especialistas do setor foram definidos variáveis que influenciam a demanda futura.

Raharjo et al. (2009) propõem a utilização de um método de previsão baseado na ideia de alisamento exponencial útil em ambientes de rápida mutação. Para lidar com a prioridade dinâmica, é usado o método AHP. O método proposto é particularmente útil quando há um número limitado de dados históricos. Para Wolfe (1988), existem duas razões para fazer ajustes de previsões, de demanda baseadas nas opiniões de analistas, através do método AHP: i) gerar previsões mais

acuradas; e, ii) identificar as suposições a serem usadas no desenvolvimento do processo de preparação das previsões. Webby e O'Connor (1996) consideram o ajuste de previsões baseado na influência de fatores qualitativos como a principal alternativa para competir com o método de combinação de previsões, obtidas mediante métodos tradicionais, neste processo que procura integrar previsões objetivas e subjetivas.

O modelo se fundamenta especialmente em opiniões de especialistas do setor econômico objeto de estudo. Estas opiniões contêm três aspectos fundamentais: i) determinação de fatores que incidiram sobre a demanda; ii) relações de preferência sobre o conjunto de fatores; e, iii) expectativas futuras no desempenho das variáveis usadas. O perfil dos especialistas terá incidência na distribuição dos níveis de importância.

4. Aplicação da modelagem proposta

O Operador Nacional do Sistema Elétrico, órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica nos sistemas interligados brasileiros, define demanda por energia elétrica ou carga de demanda como a média das potências elétricas consumidas em um determinado intervalo de tempo. Normalmente se expressa isso em *Megawatts* (MW) ou *Gigawatts* (GW).

Realizou-se o ajuste fino da previsão de demanda do setor elétrico, tendo como foco a região Sudeste do Brasil. No acompanhamento do setor de energia elétrica, observa-se uma dependência do comportamento da demanda por energia em relação a fatores: técnicos, demográficos, geográficos, econômicos, socioculturais, conjunturais governamentais, dentre outros.

EPE (2009) identifica que a dinâmica do consumo e da carga de energia elétrica é influenciada pelo comportamento de fatores conjunturais e estruturais de distintas naturezas. Estes estudos técnicos também revelaram que a demanda por energia elétrica no Brasil deverá crescer em média 5,2%, entre 2010 e 2018, chegando a 681,7 mil *gigawatts-hora* (GWh). Estas previsões constam no relatório EPE (2009), o qual projeta um forte crescimento do consumo de eletricidade a partir de 2010, amparado nas perspectivas de crescimento para a economia brasileira no mesmo período, o que pode manter em crescimento a demanda por eletricidade. Os dados da EPE (2009) baseiam-se em séries históricas e consideram um crescimento de 0,5% para o Produto Interno Bruto (PIB) em 2009, e de 6% em 2010. Daí em diante, um crescimento médio anual de 5% para o PIB, entre 2011 e 2018.

4.1 Previsão de demanda a ajustar

Com o intuito de desenvolver um estudo de caso mais ajustado a situações reais e pelas características próprias do estudo de caso selecionado para a modelagem, foi adotada a projeção de demandas feita pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e reportada em EPE e ONS (2010a), a qual se baseia em séries temporais e modelos econométricos. Mais especificamente, a EPE reporta, no relatório EPE e ONS (2010b), uma projeção do consumo de energia elétrica para o período 2010-2014 (Figura 1), levando em consideração o Sistema Intercomunicado Nacional, Subsistemas e Classe de consumidores.

Subsistema / Classe	2010	2011	2012	2013	2014
Sudeste / Centro-Oeste	253.172	<u>264.335</u>	278.184	293.024	306.125
Residencial	65.817	68.671	71.746	74.852	78.008
Industrial	109.959	114.427	121.053	128.493	133.861
Comercial	44.349	47.244	50.140	53.176	56.415
Outras	33.047	33.993	35.244	36.503	37.841

Figura 1 - Projeção do Consumo de Energia Elétrica Região Sudeste /Centro-Oeste

Fonte: EPE e ONS (2010b).

Observa-se na Figura 1 o total do consumo na região (Subsistemas) Sudeste / Centro Oeste. Como já argumentado será usada como previsão de demanda a ajustar, com base nas opiniões dos especialistas, a previsão correspondente ao ano 2011, do total de classes. Para estes parâmetros, estabelecida a projeção do consumo, segundo os relatórios apresentados pela EPE e ONS (2010b), é 264.335 GWh.

4.2 Construção de modelo multicritério baseado no AHP para o ajuste fino da previsão de demanda

No que tange, a definição do conjunto inicial de fatores a serem considerados no ajuste. inicialmente, trabalhos acadêmicos, relatórios técnicos e informes do setor foram analisados, com o propósito de identificar um conjunto de fatores qualitativos, que influenciam a demanda futura de energia elétrica. Posteriormente, estes fatores foram apresentados a um especialista, com 35 anos de experiência no setor de energia elétrica, e que também é vinculado ao setor acadêmico. Somando-se as observações dos especialistas aos dados coletados na literatura, o grupo de fatores foi depurado para o conjunto apresentado na Figura 2. Observa-se que, no processo de depuração, buscou-se selecionar apenas os fatores que não são captados pelas séries históricas.

Fatores que Incidem na Demanda por Energia Elétrica	Sub-Fatores
Técnicos	Potência dos Equipamentos
	Eficiência dos Equipamentos
Conjunturais	Capacidade do Setor Industrial
	Produção de Bens e Serviços
Sociais	Acesso a Créditos de Pessoas Físicas
	Políticas de Concessão de Créditos para Pessoas Jurídicas
Políticas Governamentais	Política Fiscal
	Política de Juros
	Política cambial

Figura 2 - Fatores que Influenciam a Demanda de Energia Elétrica

Fonte: EPE e ONS (2010b).

É importante registrar que estes fatores dependem fundamentalmente do receptor final de energia elétrica e de aspectos relacionados com orientações governamentais e não são dependentes do emissor da tecnologia. Outra característica neste processo é que a determinação de fatores de incidência está reforçada na orientação de desenvolver um ajuste fino da previsão quantitativa definida. Isto é, o uso de elementos não previsíveis ou captáveis pelas séries temporais, representativas do comportamento do consumo de energia elétrica. Um fato representativo desta premissa é a ausência no grupo de fatores de elementos, como o aumento populacional, ou questões climáticas, devido a que se consideram elementos captáveis na série temporal, o comportamento destes elementos estão incorporados na tendência e sazonalidade da série estatística.

No que se refere a construção de hierarquia de critérios para o ajuste fino da previsão, esta contempla os seguintes elementos: no primeiro nível, definição do objetivo central do processo. Neste caso o objetivo visa acurar a previsão de demanda por energia elétrica no subsistema Sudeste/Centro Oeste; no segundo nível, serão incorporados os grupos globais, ou critérios qualitativos, que na opinião dos especialistas influenciam a previsão futura de energia elétrica; neste caso: fatores técnicos, conjunturais, sociais e governamentais; no terceiro nível, agregaremos os grupos de subfatores, para cada grupo global; no último nível, o modelo estabelece a estruturação das alternativas. Neste estudo de caso serão definidos, neste estágio, os níveis de ajuste que proporcionarão cada critério.

4.3 Coleta de dados

Nesta etapa, foi estabelecida comunicação com especialistas do setor energético, vinculados a organismos do setor e com conhecimento do mercado de eletricidade. Depois de apresentados o propósito do trabalho, uma vez identificados e avaliados os fatores, incorporadas as sugestões indicadas, foi aplicado um questionário de entrevistas, tendo como premissas: obtenção da atribuição de julgamentos de valor, por parte dos especialistas, em relação aos fatores globais

apresentados. Estes especialistas podem ser diferentes dos especialistas utilizados para a definição e avaliação do conjunto de critérios.

A Figura 3 apresenta os julgamentos de valor obtidos junto aos especialistas do setor de energia. Estes são representados por E1 (especialista 1), E2 (especialista 2) e E3 (especialista 3), para os fatores constantes do primeiro nível da hierarquia. O grau de influência do fator definido pelo colaborador é representado por G.I.

Fatores	Avaliações dos Especialistas					
	E1		E2		E3	
	Fator Mais Influyente	G.I	Fator Mais Influyente	G.I	Fator Mais Influyente	G.I
Técnicos <i>versus</i> Conjunturais	Iguais	1	Conjunturais	3	Iguais	1
Técnicos <i>versus</i> Sociais	Sociais	7	Técnicos	3	Técnicos	5
Técnicos <i>versus</i> Políticas Governamentais	Políticas Governamentais s	9	Políticas Governamentais	5	Técnicos	3
Conjunturais <i>versus</i> Sociais	Sociais	7	Conjunturais	5	Conjunturais	5
Conjunturais <i>versus</i> Políticas Governamentais	Políticas Governamentais	9	Políticas Governamentais	5	Iguais	1
Sociais <i>versus</i> Políticas Governamentais	Políticas Governamentais	2	Políticas Governamentais	4	Políticas Governamentais	4

Figura 3 - Julgamentos Paritários entre Fatores Globais (especialista 1)

Fonte: Coleta de dados (2010).

As comparações par a par são usadas para expressar o grau de preferência de um fator sobre outro, na situação específica de incidência sobre a demanda. Nesta etapa de obtenção de opiniões de especialistas, as atribuições numéricas no julgamento de valor por parte dos especialistas, que consistem na atribuição do grau de importância de um fator em relação a outro, foram orientadas na escala de valores proposta por Saaty (1980).

4.4 Cálculo dos pesos dos fatores e subfatores

O algoritmo de priorização do AHP foi aplicado aos dados apresentados nas Figura 4 e 5, obtendo-se os pesos de fatores e subfatores. Esta operação foi auxiliada pelo uso do sistema computacional IPÊ 1.0, desenvolvido no âmbito do grupo de Pesquisas Decisões em Ambientes Corporativos, do Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense-UFF.

As Figuras 8 e 9 apresentam os resultados obtidos pelo software e o índice de consistência das opiniões coletadas. Estas Figuras apresentam também os valores calculados para razão de consistência (uma medida de coerência dos julgamentos).

O método AHP propõe uma vez determinados pesos para o conjunto de fatores, o cálculo da razão de consistência (RC). Este elemento de robustez dos julgamentos é definido por $RC = IC/IR$,

onde IC é o índice de consistência e IR é o Índice de Consistência Randômico, obtido para uma matriz recíproca de ordem N, com elementos não-negativos e gerada randomicamente. Uma $RC \leq 0,10$ é considerada dentro dos padrões aceitáveis de relações lógicas de preferência. Nesta aplicação, esta razão de consistência reportou os seguintes dados: 0,009 para os julgamentos do especialista E1, 0,164 para E2 e 0,048 para E3. Observa-se, para o especialista 2, uma razão fora dos limites definidos como aceitáveis.

Fator Global	Peso-E1	Peso-E2	Peso-E3
Fatores Técnicos	0,055	0,128	0,403
Fatores Conjunturais	0,055	0,245	0,308
Fatores Sociais	0,343	0,074	0,064
Políticas Governamentais	0,547	0,554	0,225
Razão de consistência	0,009	0,164	0,048

Figura 4 - Pesos dos fatores globais (especialista E1, E2 e E3)

Fonte: Coleta de dados (2010).

Seguindo o mesmo procedimento, a Figura 5 expõe os pesos resultantes para o grupo de subfatores. Estes resultados foram obtidos pela ferramenta computacional referenciada. Este processo é seguido igualmente a partir de comparações paritárias entre subfatores do mesmo grupo global.

Fatores	Sub-Fator	Peso E1	RC	Peso E2	RC	Peso E3	RC
Técnicos	Potência dos Equipamentos	0,875	0	0,200	0	0,833	0
	Eficiência dos Equipamentos	0,125		0,800		0,167	
Conjunturais	Capacidade do Setor Industrial	0,250	0	0,125	0	0,667	0
	Produção de Bens e Serviços	0,750		0,875		0,333	
Sociais	Acesso a Créditos de pessoas Físicas	0,833	0	0,833	0	0,333	0
	Políticas de Concessão de Créditos para Pessoas Jurídicas	0,167		0,167		0,667	
Políticas Governamentais	Política Fiscal	0,607	0,119	0,138	0,264	0,411	0
	Política de Juros	0,303		0,623		0,328	
	Política cambial	0,090		0,239		0,261	

Figura 5 - Pesos dos subfatores para E1, E2 e E3

Fonte: Coleta de dados (2010).

Na análise desta etapa foram identificados níveis de consistência fora dos padrões aceitáveis ($RC > 0,10$), nos julgamentos realizados pelos especialistas 1 e 2, no âmbito das relações de preferência dos subfatores pertencentes ao grupo das políticas governamentais. Os julgamentos realizados pelo especialista 1 reportou uma RC de 0,119. Já no especialista 2, esta foi de 0,264, consideravelmente maior para os níveis aceitáveis no método original. O método permite apresentar os resultados para os julgadores, visando uma análise detalhada.

A Figura 6 apresenta os dados coletados junto a todos os especialistas, após as revisões dos julgamentos iniciais fornecidos pelos especialistas 1 e 2. São incorporadas nesta tabela as mudanças na distribuição dos pesos. Os dados referentes aos julgamentos do especialista E2 não foram

atualizados, em função da inconsistência apresentada. Portanto, estes serão considerados, sob a observação que estes se baseiam em relações de preferências que apresentam razão de consistência (RC) fora dos padrões aceitáveis, no modelo original do método AHP.

Fatores	Sub-Fator	Peso E1	RC	Peso E2	RC	Peso E3	RC
Técnicos	Potência dos Equipamentos	0,875	0	0,200	0	0,833	0
	Eficiência dos Equipamentos	0,125		0,800		0,167	
Conjunturais	Capacidade do Setor Industrial	0,250	0	0,125	0	0,667	0
	Produção de Bens e Serviços	0,750		0,875		0,333	
Sociais	Acesso a Créditos de pessoas Físicas	0,833	0	0,833	0	0,333	0
	Políticas de Concessão de Créditos para Pessoas Jurídicas	0,167		0,167		0,667	
Políticas Governamentais	Política Fiscal	0,556	0	0,138	0,264	0,411	0
	Política de Juros	0,354		0,623		0,328	
	Política cambial	0,090		0,200		0,261	

Figura 6 - Pesos de fatores e subfatores: atualizados a partir da revisão dos julgamentos dos especialistas

Fonte: Coleta de dados (2010).

Com base nos dados apresentados nas Figuras 5 e 6, foram elaboradas as Figuras 7 e 8, que ilustra os valores finais obtidos para os pesos agregados dos subfatores sobre a estimativa da demanda. A determinação destes valores é orientada mediante o produto entre os pesos dos fatores globais e os pesos individuais dos subfatores. Este processo foi seguido para os dados de cada especialista e os dados são apresentados de forma separada. A Figura 7 traz os dados referentes aos julgamentos do especialista 1, uma tabela similar foi gerada para os especialistas 2 e 3.

Fatores Globais	Peso dos fatores (PF)	Sub-Fatores	Pesos dos Subfatores (PSF)	Peso Final dos Subfatores (PFSF = PF*PSF)
Fatores Técnicos	0,055	Potência dos Equipamentos	0,875	0,048
		Eficiência dos Equipamentos	0,125	0,006
Fatores Conjunturais	0,055	Capacidade do Setor Industrial	0,250	0,013
		Produção de Bens e Serviços	0,750	0,041
Fatores Sociais	0,343	Acesso a Créditos de pessoas Físicas	0,833	0,286
		Políticas de Concessão de Créditos para Pessoas Jurídicas	0,167	0,057
Fatores Governamentais	0,547	Política Fiscal	0,556	0,304
		Política de Juros	0,354	0,194
		Política cambial	0,090	0,049
Total	1			

Figura 7 - Valores dos pesos agregados para cada fator - Especialista 1

Fonte: Coleta de dados (2010).

4.5 Cálculo do índice de ajuste

Com base nos valores calculados para o PFSF (Figura 7 para o especialista 1) e na Variação arbitrada para o fator (apresentada na tabela 9) foram calculados os índices de ajuste, através da expressão a seguir:

$$\text{Índice de Ajuste} = \sum_{i=1}^n (PFSF * VA)$$

Onde:

i = Fator Considerado

n = Total de Fatores para o Objeto de Estudo

PFSF = Peso Final dos Subfatores

VA = Variação Arbitrada

Seguidamente, a Figura 8 apresenta o valor final para cada variável considerada. Este valor é definido mediante o produto entre o peso final do subfator e a variação obtida dos analistas, em relação à expectativas futuras sobre cada variável. A somatória destes valores finais representará o índice final de ajuste para cada especialista.

Fator	FPSF			Variação Arbitrada (%)			PFSF X Variação Arbitrada		
	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
Potência dos Equipamentos	0,048	0,026	0,336	1,03	1,00	1,30	0,049	0,026	0,437
Eficiência dos Equipamentos	0,006	0,102	0,067	0,98	0,98	0,90	0,006	0,100	0,060
Capacidade do Setor Industrial	0,013	0,031	0,205	1,02	1,05	1,20	0,013	0,033	0,246
Produção de Bens e Serviços	0,041	0,214	0,103	1,02	1,05	1,20	0,042	0,225	0,124
Acesso a Créditos de pessoas Físicas	0,286	0,062	0,021	1,05	1,05	-	0,300	0,065	0,021
Políticas de Concessão de Créditos para Pessoas Jurídicas	0,057	0,012	0,043	1,02	1,02	-	0,058	0,012	0,043
Política Fiscal	0,332	0,076	0,092	0,95	-	-	0,349	0,076	0,092
Política de Juros	0,166	0,345	0,074	0,95	1,03	1,05	0,158	0,355	0,078
Política cambial	0,049	0,111	0,059	1,02	1,03	-	0,050	0,113	0,059

Figura 8 - Valores finais para cada variável

Fonte: Coleta de dados (2010).

4.6 Ajuste da previsão

Finalmente é obtida a previsão final ajustada mediante o índice determinado, levando em consideração a previsão previamente determinada, através dos modelos quantitativos tradicionais. Neste caso, apresenta-se o índice para influenciar sobre a projeção da demanda por energia elétrica calculada pela EPE e apresentada na Figura 3. Especialmente afetaremos a previsão de consumo no subsistema Região Sudeste / Centro-Oeste, que é determinado pela referida instituição para o ano 2011. A projeção final ajustada, baseada nas opiniões de especialistas, é determinada pela

multiplicação do índice final pelo cálculo inicial. A Figura 9 exhibe o processo para cada um dos especialistas.

	Projeção da Demanda 2011. (Região Sudeste / Centro-Oeste) em GWh	Índice de Ajuste Final	Projeção da Demanda Final Ajustada em GWh
Especialista 1	264.335	1,025	270.943
Especialista 2	264.335	1,005	265.657
Especialista 3	264.335	1,16	306.629

Figura 9 - Projeção de demanda final ajustada

Fonte: Coleta de dados (2010).

5. Análise dos resultados da aplicação do modelo

Observa-se que os pesos dos grupos de fatores são atribuídos de forma diferente. Enquanto as políticas governamentais, para alguns analistas, é o fator global mais importante na incidência da previsão de demanda por energia elétrica, para outros especialistas, este é o menos importante e atribui maior peso para fatores técnicos e conjunturais. A Figura 10 representa uma comparação da distribuição de preferências, em torno de cada fator global na visão do analista entrevistado.

	Fatores Mais Importantes	Fatores Menos Importantes
Especialista 1	Políticas Governamentais Fatores Sociais	Fatores Técnicos Fatores Sociais
Especialista 2	Políticas Governamentais Fatores Conjunturais	Fatores Técnicos Fatores Sociais
Especialista 3	Fatores Técnicos Fatores Conjunturais	Política Governamental Fatores Sociais

Figura 10 - Fatores mais ou menos importante na visão de cada analista

Fonte: Coleta de dados (2010).

No conjunto de analistas que contribuíram para o desenvolvimento do estudo de caso estão especialistas vinculados ao setor técnico operativo, social-ambiental e sócio econômico. O perfil de atuação do Profissional foi fundamental nas preferências de certos fatores em relação a outros. Este cenário gera motivações para futuras aplicações, no sentido de experimentar aplicações com combinações de especialistas. Isto é, o uso de determinado analista, para certo grupo de fatores, de acordo com o seu perfil.

Observa-se nos valores finais obtidos para a previsão final ajustada, um nível de variação considerável, no impacto da previsão determinada inicialmente. No caso do especialista E3, apresenta uma orientação mais otimista em relação a desempenhos futuros das variáveis definidas. Em consequência, a variação entre a demanda inicial e a ajustada aumenta, na medida em que a visão otimista do analista se expressa nos seus julgamentos sobre as perspectivas.

Embora as perspectivas futuras dos três especialistas seja ao aumento da demanda por energia elétrica, em função dos fatores determinados, os níveis de otimismo variam notavelmente. Para o especialista E2, os cenários futuros não experimentaram flutuação. Já a visão do especialista E3 é especialmente otimista no comportamento do consumo de energia elétrica. O resultado de

níveis de inconsistência fora dos padrões aceitáveis, no caso do especialista E2, atribui-se à possível falta de clareza na precisão e identificação dos critérios, o que traz a necessidade da melhora da modelagem. Um especial cuidado é necessário na definição de fatores qualitativos a serem tratados, sob o uso de técnicas multicriteriais, para influenciar a previsão.

Foi observada, neste processo, a relevância que se deve conceder à formação técnica do analista. Assim como a sua área de atuação, o perfil do analista incidirá fortemente, como demonstrado nos pesos que proporcionaram para cada tipo de fator. Propõe-se que uma forma de minimizar os efeitos na previsão é mediante um modelo de ajuste híbrido, isto, é a mistura de especialistas, orientando cada perfil do analista, para cada tipo de fatores qualitativo, que incidirão na previsão.

6. Considerações finais

A análise da Previsão de Demanda como estratégia de se adequar eficientemente a cenários futuros que facilite o processo de melhora continua proporciona condições adequadas para a integração de novas ferramentas, neste caso o método AHP é integrado para o tratamento da informação qualitativa que será tratada na metodologia visando diminuir as incertezas nas previsões de demanda, para auxiliar as decisões no planejamento dos objetivos de produção, foram identificados alguns trabalhos científicos que contribuiriam com a construção do modelo proposto. Este modelo se baseia, fundamentalmente, no ajuste da previsão determinada através de métodos quantitativos tradicionais. O ajuste a aplicar é determinado mediante opiniões de especialistas do setor objeto de estudo. Ressalta-se o fato de que, embora o modelo proposto não seja totalmente inovador, este apresenta uma etapa nova, bem como uma abordagem construída para o estudo.

Através da aplicação do modelo proposto no setor de energia elétrica, foi possível provar a operacionalidade e aplicabilidade do modelo, sua flexibilidade e capacidade de lidar com fatores tangíveis e intangíveis. Percebe-se que um tratamento cuidadoso e eficiente dos fatores qualitativos, que serão levados em consideração para influenciar a previsão, pode contribuir com a obtenção de resultados satisfatórios e que permitam diminuir as incertezas na previsão e, desta forma, desenhar cenários futuros com mais probabilidades de ocorrência.

Ao longo da pesquisa apresentaram-se algumas limitações, destacando-se principalmente no que se refere à sua capacidade de generalização, visto que foi explorada a realidade de uma empresa de Pesquisa Energética, através da percepção de três especialistas. Por conseguinte, sugere-se uma análise mais abrangente, avaliando a previsão da demanda a um número maior de empresas. Em acréscimo, são pertinentes estudos que enfoquem a comparação entre regiões, setores, cadeias produtivas ou até mesmo a diferentes percepções entre diversos atores inseridos neste contexto.

7. Referências

- ARQUERO, A.; ÁLVAREZ, M.; MARTÍNEZ, E. Decision Management Making by AHP (Analytical Hierarchy Process) through GIS data. **IEEE Latin America Transactions**, v. 7, n. 1, p. 101-106. 2009.
- BERMÚDEZ, J. D.; SEGURA, J. V.; VERCHER, E. A decision support system methodology for forecasting of time series based on soft computing. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 51, p. 177 – 191. 2006.
- EPE. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos**. Série estudos de energia. Nota técnica DEA 15/09. Rio de Janeiro. Dezembro de 2009.
- EPE e ONS. **Projeção da demanda de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional para o Plano Anual da Operação Energética PEN 2010**. Série estudos da demanda. Nota técnica DEA 03/10. Nota técnica 010/2010. Rio de Janeiro. Fevereiro de 2010a.
- EPE e ONS. **2ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2010-2014**. Série estudos da demanda. Nota técnica DEA 17/10. Nota técnica ONS 142/2010. Rio de Janeiro. Agosto de 2010b.
- FÜLÖP, J. **Introduction to Decision Making Methods**. Laboratory of Operations Research and Decision Systems, Computer and Automation Institute. Hungarian Academy of Sciences, 2005.
- GOMES, L. F. M.; MOREIRA, A. M. M. Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritério. **RECITEC**, Recife, v. 2, n. 2, p. 117 - 139. 1998.
- KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with Multiple Objectives: Performances and Value Trade-Offs**. Wiley, New York, 1976.
- RAHARJO, H.; XIE, M.; BROMBACHER, A.C. On modeling dynamic priorities in the analytic hierarchy process using compositional data analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 194, p. 834-846, 2009.
- ROY, B. **Classement et choix en presence de points de vue multiples** (la methode ELECTRE). Lausanne Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1968.
- SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. Hierarchical analysis of behavior in competition: Prediction in chess. **Behavioral Science**, v. 25, n. 3, p. 180-191. 1980.
- SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. Modeling behavior in competition: The analytic hierarchy process. **Applied Mathematics and Computation**, v. 16, n. 1, p. 49-92. 1985.
- VAIDYAA, O. S.; KUMARB, S. Analytic hierarchy process: An overview of applications. **European Journal of Operational Research**, v. 169, n 1, p. 1-29, 2006.
- VOULGARIDOU, D.; KIRYTOPOULOS, K.; LEOPOULOS, V. An analytic network process approach for sales forecasting. **Operational Research**, v. 9, n. 1, p. 35-53. 2009.
- WEBBY, R.; O'CONNOR, M. Judgemental and statistical time series forecasting: a review of the literature. **International Journal of Forecasting**, v. 12, p. 91-118. 1996.
- WOLFE, C. How to Adjust Forecast With the Analytic Hierarchy Process. **Journal of Business Forecasting Methods & Systems**, v.7, n.1, 1988.
- YUKSEL, S. An integrated forecasting approach to hotel demand. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 46, n. 7-8, p. 1063-1070. 2007.

Recebido: 24/05/2015

Aprovado: 25/10/2015