Decio Cicone Junior

Modelagem e Aplicação da Avaliação de
Custos Completos através do Processo
Analítico Hierárquico dentro do
Planejamento Integrado de Recursos

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre
em Engenharia Elétrica.

São Paulo
2008

Decio Cicone Junior

Modelagem e Aplicação da Avaliação de
Custos Completos através do Processo
Analítico Hierárquico dentro do
Planejamento Integrado de Recursos

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre
em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Sistemas de
Potência

Orientador: Prof. Dr. Miguel Edgar
Morales Udaeta

São Paulo
2008

A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, ESTÁ AUTORIZADA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de setembro de 2008.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

FICHA CATALOGRÁFICA

Cicone Junior, Decio

Modelagem e aplicação da avaliação de custos completos através do processo analítico hierárquico dentro do planejamento integrado de recursos / D. Cicone Junior. -- ed.rev. -- São Paulo, 2008.

145 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

**1.Planejamento energético 2.Desenvolvimento sustentável
I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II. t.**

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Miguel Edgar Morales Udaeta pela orientação durante estes anos, pelas proveitosas discussões e pelo suporte irrestrito e contínuo às pesquisas.

Aos Professores José Aquiles Baesso Grimoni e Luiz Cláudio Ribeiro Galvão pelo apoio durante esses anos nas atividades de pesquisa.

Aos pesquisadores do PIR com os quais compartilhei idéias e experiências, entre eles: Fábio Correa Leite, Ricardo Lacerda Baitelo, Mario Biague, Jonathas Bernal, Paulo Kanayama, Alexandre Reinig, André Veiga Gimenes, Ricardo Fujii, Paulo Carneiro, Pascoal Rigolin, Giselle Teles, Júlia Bellacosa, Fatuma Ondongo, Flávio Marques de Azevedo, Victor Katayama, Martim Debs Galvão, Vanessa Massara, Isabel Sado, Janaína de Souza, Rafael de Lima, Felipe Costa e Marina Martins.

À minha companheira, Gabriela de Castro Alencar, e à minha família, Lusía Aparecida Cicone, Decio Cicone e Débora Cicone.

À FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, através do programa de pesquisa em políticas públicas, onde está o projeto “Novos Instrumentos de Planejamento Energético Regional Visando o Desenvolvimento Sustentável”.

Ao IEE – Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo – por apoiar as atividades do PIR Araçatuba.

RESUMO

A proposta deste trabalho é apresentar o Processo Analítico Hierárquico e demonstrar que sua utilização é válida para a construção da Avaliação de Custos Completos. Também é proposta deste texto apresentar o programa *Decision Lens* que implementa tal teoria. Outro objetivo desta dissertação é desenvolver e aplicar um método de Avaliação de Custos Completos estimada pelos Envolvidos-Interessados chegando-se até o *ranking* de recursos energéticos e comparando-o com o *ranking* da valoração determinística.

Para se justificar a validade e viabilidade do Processo Analítico Hierárquico dentro da Avaliação de Custos Completos explica-se a teoria que o embasa. É também desenvolvido um exemplo onde todos os cálculos são feitos manualmente, até se chegar ao *ranking* de recursos energéticos finais. O mesmo exercício é desenvolvido no programa *Decision Lens*, comparando-se, assim, o resultado do exemplo manual com o exemplo desenvolvido no programa e validando-o.

Para o desenvolvimento e aplicação de um método de Avaliação de Custos Completos valorado pelos Envolvidos-Interessados são realizadas atividades dentro do projeto FAPESP PIR Araçatuba. O processo de construção da árvore de decisão, com os sub-atributos e recursos energéticos considerados e de obtenção de dados da região piloto são conduzidos no decorrer deste trabalho. A inserção destes dados no programa, bem como a apresentação dos resultados com análise de sensibilidade, são feitas e discutidas.

Também é conduzida a confecção da tabela de valores e de seus *ratings* para a Avaliação de Custos Completos estimada deterministicamente com a inserção dos dados e com a apresentação dos resultados.

Por fim, é realizada a comparação do resultado das duas Avaliações de Custos Completos, comentando-se as diferenças e similaridades existentes, mostrando que o resultado de uma é compatível com o resultado da outra.

Palavras-Chave: Planejamento Integrado de Recursos, Avaliação de Custos Completos, Processo Analítico Hierárquico.

ABSTRACT

The purpose of this work is to introduce the Analytic Hierarchy Process and to demonstrate that its use in the Full Cost Accounting Evaluation is valid. The Decision Lens software, which implements the theory, is also introduced.

Besides, it has been taken into consideration the objective of developing and applying a method of Full Cost Accounting assessed by the Stakeholders, reaching the ranking of energetic resources and comparing it to the deterministic valuation.

In order to justify the validity and feasibility of the Analytic Hierarchy Process within the Full Cost Accounting Evaluation environment, the theory on which it is based has been thoroughly and carefully explained. To that effect, an example has been developed, in which all calculations are done manually up to the definition of the final ranking of energetic resources. The same example is also developed using the Decision Lens software, thus comparing both, the manual and the software results, in order to validate the consistency of the software itself.

In order to develop and to apply a method of Full Cost Accounting assessed by the Stakeholders, certain activities have been carried out within the FAPESP IRP project in Araçatuba.

The process of building the decision tree and obtaining data from the pilot region, considering sub-criteria and energy resources, has been conducted along the execution of this work. The pertinent software data input, as well as the presentation of results along with a sensitivity analysis have been performed and discussed.

The determination of the table of values and its ratings for the Full Cost Accounting deterministically valued has been conducted, as well as the pertinent data insertion along with respective results.

Finally, the comparison of results of the two Full Cost Accounting have been made. Their differences and similarities have also been commented, proving that results were compatible.

Key words: Integrated Resources Planning, Full Cost Accounting, Analytic Hierarchy Process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama ilustrativo do processo de integração do PIR.....	27
Figura 2. Estrutura de custos completos	32
Figura 3. Estrutura tradicional de custos completos	34
Figura 4. Modelo de árvore hierárquica para metodologia PAH	40
Figura 5. Árvore de decisão do exemplo numérico	45
Figura 6. Tela inicial do DL	54
Figura 7. Inserção de hipótese no DL	56
Figura 8. Determinação do objetivo.....	56
Figura 9. Construção da árvore de decisão	57
Figura 10. Identificação das alternativas	58
Figura 11. Adição dos votantes	58
Figura 12. Comparação par-a-par dos atributos	59
Figura 13. Prioridade dos atributos pela comparação efetuada	60
Figura 14. Análise de inconsistência das comparações dos atributos.....	60
Figura 15. Recomendação de avaliação	61
Figura 16. Escolha do modo de avaliação das alternativas	62
Figura 17. Comparação par-a-par das alternativas.....	62
Figura 18. <i>Ranking</i> final das alternativas	63
Figura 19. Gráfico de sensibilidade em barras com planilha de prioridades original	64
Figura 20. Gráfico de sensibilidade em barras com planilha de prioridades modificada	64
Figura 21. Gráfico de sensibilidade em barras horizontais original	65
Figura 22. Gráfico de sensibilidade em barras horizontais com pesos modificados	66
Figura 23. Tela de geração de relatórios.....	66
Figura 24. Seção da árvore de decisão com a meta e os atributos.....	82
Figura 25. Seção da árvore de decisão com critério Técnico-Econômico e seus sub-atributos.....	83

Figura 26. Seção da árvore de decisão com critério Ambiental e seus sub- atributos	84
Figura 27. Seção da árvore de decisão com critério Social e seus sub-atributos	85
Figura 28. Seção da árvore de decisão com critério Político e seus sub-atributos	85
Figura 29. Recursos energéticos considerados	86
Figura 30. Oficina com os En-In realizada em Araçatuba em março de 2008	95
Figura 31. Planilha de escolha das comparações par-a-par com escolhas a responder	96
Figura 32. Planilha de escolha das comparações par-a-par com escolhas duplicadas	97
Figura 33. Planilha de escolha das comparações par-a-par preenchida corretamente	98
Figura 34. Planilha de escolha dos recursos energéticos.....	99
Figura 35. Planilha de escolha dos recursos energéticos com menu de seleção	100
Figura 36. Árvore de decisão parcial inserida no DL	101
Figura 37. Exemplo de comparação par-a-par inserida no DL	102
Figura 38. Árvore de decisão parcial para a meta ACC Araçatuba com pesos dos dimensões principais.....	103
Figura 39. Árvore de decisão parcial para dimensão Técnico-Econômico com pesos dos sub-atributos para ACC estimada deterministicamente....	103
Figura 40. Árvore de decisão parcial para dimensão Ambiental com pesos dos sub-atributos para ACC estimada deterministicamente	104
Figura 41. Árvore de decisão parcial para dimensão Social com pesos dos sub- atributos para ACC estimada deterministicamente	104
Figura 42. Árvore de decisão parcial para dimensão Política com pesos dos sub- atributos para ACC estimada deterministicamente	105
Figura 43. Inserção de <i>rating</i> contínuo no DL	106
Figura 44. Inserção de <i>rating</i> discreto no DL	107
Figura 45. Tela do DL de criação de escala de <i>rating</i>	109
Figura 46. <i>Ranking</i> dos recursos energéticos gerado pelo DL para a ACC estimada deterministicamente	111

Figura 47. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada deterministicamente com a dimensão Técnico-Econômico priorizado.....	112
Figura 48. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada deterministicamente com a dimensão Ambiental priorizado	113
Figura 49. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada deterministicamente com a dimensão Social priorizado	114
Figura 50. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada deterministicamente com a dimensão Política priorizado	115
Figura 51. Gráfico de prioridades do sub-critério Social dentro do DL	116
Figura 52. Árvore de decisão parcial com os pesos dos sub-atributos dentro do DL	117
Figura 53. Árvore de decisão parcial para a meta ACC Araçatuba com pesos dos atributos principais	117
Figura 54. Árvore de decisão parcial para critério Técnico-Econômico com pesos dos sub-atributos para ACC estimada pelos En-In.....	118
Figura 55. Árvore de decisão parcial para critério Ambiental com pesos dos sub- atributos para ACC estimada pelos En-In	118
Figura 56. Árvore de decisão parcial para critério Social com pesos dos sub- atributos para ACC estimada pelos En-In	119
Figura 57. Árvore de decisão parcial para critério Político com pesos dos sub- atributos para ACC estimada pelos En-In	119
Figura 58. Criação de <i>rating</i> discreto para ACC estimada pelos En-In	121
Figura 59. <i>Ranking</i> dos recursos energéticos gerado pelo DL para a ACC estimada pelos En-In	122
Figura 60. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada pelos En-In com a dimensão Técnico-Econômico priorizado.....	123
Figura 61. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada pelos En-In com a dimensão Ambiental priorizado.....	124
Figura 62. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada pelos En-In com a dimensão Social priorizado	125
Figura 63. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada pelos En-In com a dimensão Política priorizado	126

Figura 64. Árvore de decisão parcial para a meta ACC Araçatuba com os pesos das dimensões das duas ACCs.....	128
Figura 65. Árvore de decisão parcial para o sub-critério Técnico-Econômico com os pesos dos sub-atributos das duas ACCs.....	129
Figura 66. Árvore de decisão parcial para o sub-critério Ambiental com os pesos dos sub-atributos das duas ACCs	130
Figura 67. Árvore de decisão parcial para o sub-critério Social com os pesos dos sub-atributos das duas ACCs	131
Figura 68. Árvore de decisão parcial para o sub-critério Político com os pesos dos sub-atributos das duas ACCs	133

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Índice Randômico para a dimensão da Matriz	42
Tabela 2. Comparação par-a-par dos atributos	45
Tabela 3. Vetor prioridade dos atributos	46
Tabela 4. Comparação par-a-par das alternativas em relação ao critério Impacto no Solo com o respectivo vetor prioridade. ($RC = 0,009$).....	48
Tabela 5. Comparação par-a-par das alternativas em relação ao critério Impacto na Água com o respectivo vetor prioridade. ($RC = 0,004$)	48
Tabela 6. Comparação par-a-par das alternativas em relação ao critério Impacto no Ar com o respectivo vetor prioridade. ($RC = 0,004$)	48
Tabela 7. Comparação par-a-par das alternativas em relação ao critério Emissões de Gases de Efeito Estufa com o respectivo vetor prioridade. ($RC = 0,056$).....	49
Tabela 8. Tabela de valores para o critério Ambiental.....	88
Tabela 9. Tabela de valores para o critério Social	90
Tabela 10. Tabela de valores para o critério Político	91
Tabela 11. Tabela de valores para o critério Técnico-Econômico	93
Tabela 12. <i>Ratings</i> para a ACC determinística	108
Tabela 13. <i>Ranking</i> de recursos nas duas ACCs	135
Tabela 14. <i>Ranking</i> de recursos das duas ACCs dividido em grupos.....	136

LISTA DE ABREVIATURAS

GEE	Gases de efeito estufa
EN-IN	Atores Envolvidos e Interessados (<i>stakeholders</i> , em língua inglesa)
PIR	Planejamento Integrado de Recursos Energéticos
ACC	Avaliação de Custos Completos – Full Cost Accounting
PAH	Processo Analítico Hierárquico
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
DL	Programa computacional <i>Decision Lens</i> (implementa o PAH)
ONG	Organização não governamental
PEA	Departamento de Engenharia de Energia e Automações Elétricas
IEE	Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo
USP	Universidade de São Paulo
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
SAGE	Sistema de Análise Geo-energética
PIB	Produto Interno Bruto
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
TIR	Taxa Interna de Retorno
VPL	Valor Presente Líquido
IC	Índice de Consistência
RC	Razão de Consistência
IR	Índice Randômico
RELO	Recurso Energético do Lado da Oferta
RELD	Recurso Energético do Lado da Demanda
RATING	Classificação utilizada para agrupar ou normalizar um conjunto de dados

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Contexto	17
1.2 Objetivos	18
1.3 Organização do trabalho	20
 2 CONCEITOS BÁSICOS DO PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS – PIR	23
2.1 O Planejamento energético e sua relação com o desenvolvimento sustentável	23
2.2 Planejamento Integrado de Recursos – PIR.....	25
2.3 Os recursos Energéticos de oferta e demanda	29
 3 AVALIAÇÃO DE CUSTOS COMPLETOS – ACC	31
3.1 Utilização da ACC no PIR.....	35
 4 PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO – PAH.....	38
4.1 Considerações iniciais sobre o PAH	38
4.2 Metodologia de execução	39
4.3 Exemplo numérico	44
4.4 Utilização do PAH na ACC	50
4.5 Programas que implementam o PAH.....	52
4.6 O programa Decision Lens e suas funcionalidades	53
4.6.1 Desenvolvimento do exemplo	55
 5 PROJETO PIR ARAÇATUBA	68
 6 APLICAÇÃO DAS ACCS NO PIR ARAÇATUBA	74
6.1 A árvore de decisão utilizada.....	74
6.1.1 Sub-Atributos	74

6.1.2 Recursos Energéticos	79
6.1.3 Estrutura da árvore de decisão	81
6.2 A Estimativa determinística	87
6.3 A oficina com os En-In de Araçatuba.....	94
6.3.1 Planilha de escolha das comparações par-a-par	96
6.3.2 Planilha de escolha dos recursos energéticos	98
6.4 ACC estimada deterministicamente no PIR Araçatuba	100
6.4.1 Pesos dos sub-atributos na ACC estimada deterministicamente.....	100
6.4.2 Confeção dos ratings	105
6.4.3 Resultados.....	110
6.4.4 Análise de sensibilidade	111
6.5 ACC estimada pelos En-In no PIR Araçatuba	116
6.5.1 Pesos dos sub-atributos na ACC estimada pelos En-In	116
6.5.2 Confeção dos ratings	120
6.5.3 Resultados.....	121
6.5.4 Análise de sensibilidade	123
6.6 Comparação dos resultados das ACC.....	127
6.6.1 Comparação dos pesos dos sub-atributos.....	127
6.6.2 Comparação dos rankings de recursos.....	133
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	139
8 REFERÊNCIAS	143

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

Em um país de proporções continentais, que pretende crescer e se desenvolver, é imprescindível que o planejamento energético seja bem estruturado, abranja de forma completa toda a sociedade e que seja de longo prazo. Este planejamento deve estar alinhado com o conceito de desenvolvimento sustentável de forma que as gerações futuras tenham não só suas necessidades atendidas como ainda seja possível continuar fomentando o desenvolvimento e o crescimento da nação.

O PIR atende a estes requisitos, tanto por considerar recursos de oferta e demanda quanto por enxergar a sociedade de forma inclusiva e por ser um planejamento de longo prazo.

Um dos pilares mais importantes do PIR é a ACC, que tem por função gerar uma seleção de recursos energéticos indo do menos indicado ao mais indicado. No modelo atual do PIR há duas ACCs para o mesmo instante de tempo, uma dita ACC estimada deterministicamente, onde os valores dos recursos (notas) são todos valores determinados e outra dita ACC estimada pelos En-In, onde os atores que atuam no planejamento ou sofrem consequências dele estimam qualitativamente os recursos energéticos em relação aos atributos de avaliação. Estes atributos como premissas do PIR são concentrados em quatro grandes blocos, dimensões, com a mesma prioridade, o Técnico-Econômico, o Ambiental, o Social e o Político.

A motivação desta dissertação surge justamente da necessidade destas estimativas qualitativas pelos En-In. O PAH provê a teoria que permite que estas avaliações sejam estruturadas e consistentes de modo que ao final da avaliação seja possível gerar um *ranking* dos recursos energéticos.

É ainda motivação deste texto a comparação dos resultados gerados pelas duas ACCs, isto pelo fato do modelo atual do PIR com duas Avaliações de Custos Completos ainda não ter sido aplicado com este detalhamento.

Diversos trabalhos sobre o PIR foram desenvolvidos no Grupo de Energia do PEA/EPUSP e servem de embasamento teórico para as discussões e proposições aqui realizadas. Entre os trabalhos mais importantes para este texto está a tese de doutorado de Miguel Edgar Morales Udaeta [1], onde a teoria do PIR é formalizada, a tese de doutorado de André Veiga Gimenes [2], onde o modelo de Integração de Recursos é desenvolvido, a tese de doutorado de Paulo Hélio Kanayama [3], que discorre sobre os mecanismos de desenvolvimento limpo no PIR, a dissertação de Cláudio Elias Carvalho [4], que formaliza os custos completos dentro do planejamento energético, a dissertação de Ricardo Lacerda Baitelo [5], que faz a modelagem e análise dos recursos de demanda e a dissertação de Ricardo Junqueira Fujii [6], que faz a modelagem e análise dos recursos de oferta para o PIR.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho tem três objetivos, são eles:

1. Utilizar o PAH na construção de uma ACC, inclusive com a utilização de um programa que implemente o método.
2. Implementar um método de construção da ACC estimada pelos En-In que considere os recursos de oferta e demanda.
3. Realizar a comparação entre os resultados gerados pela ACC estimada pelos En-In com a ACC estimada deterministicamente.

Para se atingir o objetivo 1 deve-se, além de se apresentar a teoria do PAH, mostrar as vantagens do método, desenvolver um exemplo de ACC calculando-se manualmente os resultados, apresentar o programa que implementa o método e suas funcionalidades e desenvolver o mesmo exemplo no programa mostrando que o resultado é o mesmo da forma manual.

Para o objetivo 2 deve-se desenvolver uma aplicação prática de ACC para a região piloto de Araçatuba que considere a opção dos En-In da região. Para tal, a árvore de decisão da ACC deve ser consensada com a equipe PIR, bem como os recursos considerados. Uma oficina para coleta de dados deve ser realizada e os dados corretamente introduzidos no programa que implementa o PAH. Por fim, o *ranking* de RELOs e RELDs para esta ACC deve ser apresentado e comentado, assim como as análises de sensibilidade desta resposta.

Para o objetivo 3 deve-se primeiramente desenvolver uma ACC estimada deterministicamente para a região piloto. Para tal, a tabela de valores e os *ratings* do programa de implementação do PAH devem ser desenvolvidos em conjunto com a equipe PIR, os dados devem ser inseridos no programa e o resultado com as análises de sensibilidades apresentadas e comentadas. Após isto se pode comparar os resultados das duas ACCs, primeiramente com a análise dos pesos dos sub-atributos,

que na ACC estimada deterministicamente vem dos especialistas e na ACC estimada pelos En-In vem da valoração realizada na oficina, e então, com a comparação dos *rankings* gerados nas duas ACCs, comentar suas diferenças e similaridades.

Esses objetivos serão atingidos tanto pela aplicação da teoria do PIR, ACC e PAH quanto pelo desenvolvimento do projeto piloto da região administrativa de Araçatuba, viabilizado através do projeto FAPESP processo 03/06441-7 ([7] e [8]).

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este texto está estruturado de forma a apresentar primeiramente os conceitos básicos que envolvem o PIR, a ACC e o PAH e só então entrar no projeto piloto do PIR Araçatuba com as aplicações das ACCs. A seguir será feita uma breve descrição dos capítulos que compõem a dissertação.

O capítulo um faz a contextualização do trabalho. O capítulo dois discorre brevemente sobre a teoria do Planejamento Integrado de Recursos, abordando primeiramente a relação do planejamento energético com o desenvolvimento sustentável. A teoria do PIR é apresentada de forma sucinta abordando-se ainda as definições dos RELOs e RELDs.

O capítulo três discorre sobre a teoria de Avaliação de Custos Completos. Primeiramente discute-se a teoria tradicional [4] onde são explorados tópicos como a consideração das dimensões Ambientais, Sociais e Políticos e, também, os diversos tipos de custos existentes e precificação. É realizada a proposta de Avaliação de

Custos Completos modificada, onde as duas ACCs, determinística e estimada pelos En-In, estão presentes.

O capítulo quatro traz a proposta de utilização do Processo Analítico Hierárquico para implementação da avaliação de custos completos. Sua teoria e metodologia de execução são discutidas e um exemplo numérico é realizado para que o entendimento seja completo. Este capítulo ainda aborda como utilizar o PAH dentro da Avaliação de Custos Completos, incluindo como se dá o trato dos aspectos qualitativos (sob a forma de valoração pelos En-In) e dos aspectos quantitativos (sob a forma de valoração determinística). Dentro deste capítulo são discutidos alguns dos programas computacionais que implementam o método em questão, indo no detalhe no programa *Decision Lens*, que é o programa utilizado dentro do grupo de pesquisa para aplicação do PAH. Suas funcionalidades são discutidas e o mesmo exemplo calculado manualmente é agora desenvolvido dentro do programa. Desta forma podem-se validar os resultados e comparar a facilidade de utilização do programa *versus* o cálculo manual.

O capítulo cinco detalha o projeto FAPESP PIR Araçatuba, mostrando quais etapas de seu desenvolvimento são abordadas por essa dissertação.

O capítulo seis é o maior deste texto pois traz a aplicação do PAH nas ACCs do PIR Araçatuba estimada pelos En-In e estimada deterministicamente.

O mesmo se inicia com a construção da árvore de decisão utilizada, a estipulação dos sub-atributos e dos recursos energéticos. Para os sub-atributos são descritas as unidades de medidas consideradas, e tanto para eles quanto para os recursos são apresentadas breves descrições.

Discute-se então a estimativa determinística dos recursos energéticos em relação aos sub-atributos considerados, apresentando a tabela de valores. Entra-se

no desenvolvimento da oficina realizada com os En-In de Araçatuba onde tanto a planilha de valoração par-a-par dos sub-atributos quanto a planilha de valoração dos recursos energéticos foram desenvolvidas e preenchidas. Tais planilhas são fundamentais para a ACC estimada pelos En-In.

O próximo passo, ainda dentro do capítulo seis, é a construção da ACC estimada deterministicamente, a introdução dos dados da tabela de valores e os pesos dos sub-atributos são discutidos, apresentando-os na árvore de decisão. Também é realizada a confecção dos *ratings*, a análise do *ranking* de recursos gerado e a análise de sensibilidade.

Na continuação do trabalho, é realizada a construção da ACC estimada pelos En-In, novamente aborda-se a construção dos pesos dos sub-atributos desta ACC apresentando-os na árvore de decisão. Também se mostra a confecção dos *ratings*, a geração dos resultados e da análise de sensibilidade.

O último passo dentro do capítulo seis é a comparação das duas ACCs. Primeiramente comparam-se os pesos dos sub-atributos, onde na ACC estimada deterministicamente foram utilizados os dados dos especialistas e na ACC estimada pelos En-In os dados da oficina realizada na região. Os dados são apresentados lado a lado na árvore de decisão com comentários. Faz-se, então, a comparação dos *rankings* finais mostrando suas diferenças e similaridades.

No capítulo sete é feita a conclusão do trabalho propondo alguns pontos para a continuação dos estudos.

2 CONCEITOS BÁSICOS DO PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS – PIR

2.1 O PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E SUA RELAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Antes da descrição do Planejamento Integrado de Recursos é muito importante abordar os conceitos do desenvolvimento sustentável, planejamento energético e suas relações, pois eles são fundamentais colunas de sustentação do PIR. O planejamento energético de uma região, estado ou mesmo país, é um dos importantes componentes do desenvolvimento sustentável. É através dele que são determinados quais ações e projetos serão executados visando o provimento de energia da região. Isto tanto para energia elétrica quanto para energia em outras formas, possibilitando que se tenha o suficiente não só para manter as atividades atuais dos setores industrial, comercial, residencial e público como também para garantir esse insumo essencial ao crescimento do país e ao seu progresso [9]. Se esse planejamento se preocupa com questões de suprimento das gerações, incorporando inclusive questões ambientais e sociais, ele tem viés de planejamento voltado para o desenvolvimento sustentável.

Porém, o costumeiro de se observar é o planejamento energético que se preocupa diretamente com o suprimento de energia e crescimento do PIB no curto prazo e, eventualmente, médio prazo. Este planejamento tradicional se preocupa exclusivamente com a diferença da previsão de demanda de energia (no caso elétrica, previsão de carga) com a previsão de oferta. Com isso determina-se a quantidade de

energéticos necessários no curto e médio prazo e identificam-se as opções que têm menor custo de instalação, manutenção e operação. Neste planejamento energético tradicional aspectos técnicos e econômicos são priorizados em detrimento de aspectos ambientais e sociais¹.

O Planejamento Integrado de Recursos supre a necessidade de se contar com um planejamento mais completo e abrangente que o tradicional, sua principal função é ser uma ferramenta de planejamento energético de curto, médio e longo-prazo, onde diversos recursos energéticos, pontos de vistas e aspectos são considerados no planejamento energético. Têm-se indicativos que o setor energético caminha lentamente para se adaptar a esse modelo de planejamento energético [9].

É fato explorado em diversos textos ([9] [10] e [11]) que a energia está diretamente relacionada com o desenvolvimento de um país. Posto isso, não só governos e ONGs devem se atentar aos modelos de planejamento energético e desenvolvimento sustentável empregado, mas sim toda atividade sócio-econômica deve obter um grau ainda maior de conscientização apoiando e também promovendo mecanismos de desenvolvimento limpo e planejamento energéticos abrangentes, nos moldes do PIR.

¹ O ministério do Meio-Ambiente tem um importante papel na consideração dos aspectos ambientais como, por exemplo, no licenciamento de usinas hidrelétricas. O caso emblemático no ano de 2007 foi a disputa entre os Ministérios da Casa Civil e de Minas e Energia com o do Meio-Ambiente para obtenção de licenças para duas usinas hidrelétricas no rio Madeira, em Rondônia [12].

2.2 PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS – PIR

Este tópico da dissertação aborda os conceitos teóricos do PIR. Para um aprofundamento sugere-se a consulta das teses de doutorado de Miguel Edgar Morales Udaeta [1] e de André Veiga Gimenes [2].

Nos moldes atuais do Grupo de Energia do PEA/EPUSP, o Planejamento Integrado de Recursos energéticos pode ser descrito como um método de planejamento energético que considera, analisa e integra tanto os recursos de oferta quanto os recursos de demanda. Isto é feito à luz do conceito de custos completos, que consideram as quatro dimensões do desenvolvimento: Técnico-Econômico, Ambiental, Social e Político. O PIR ainda preconiza a participação e consideração dos ditos Envolvidos-Interessados. Como resultado tem-se a geração de carteiras de recursos energéticos de oferta e demanda e planos energéticos, onde cada carteira representa uma resposta em um determinado momento do tempo [1].

Vale ressaltar que, a princípio, o objetivo do PIR era focado na consideração dos recursos de demanda, muito conhecido como RELD², isto já se mostrou um grande avanço comparado ao planejamento tradicional, que considerava somente os recursos de oferta e fazia somente o gerenciamento do dito RELO [13]. A energia economizada por esse manejo do RELD é considerada dentro do PIR como um recurso energético, pois pode ser utilizada para atender parte da demanda crescente poupando investimento em recursos de oferta e também contribuindo com a preservação do meio-ambiente.

² O RELD visa a conservação, racionalização e o uso eficiente da energia através do gerenciamento e controle dos usos finais e hábitos de consumo [2].

A idéia era que esses recursos de demanda proporcionassem um alto retorno, porém, isto não foi verificado na prática haja vista que o baixo retorno financeiro de projetos desta natureza desestimulava o investidor privado que preferia, por exemplo, expandir sua capacidade produtiva a executar um projeto de eficiência energética.

A meta perseguida constantemente pelo PIR é a determinação das carteiras de recursos energéticos com o menor custo, e formas tradicionais de cálculos não conseguem considerar todos os elementos presentes em tais análises. Mais do que isso, a pressão exercida por diversos membros da sociedade muitas vezes pode fazer com que um projeto com ótima avaliação financeira seja inviabilizado, isso gera perda de tempo e dinheiro para aqueles que acreditaram e investiram no projeto de energia. No estado atual do PIR prevê-se a intensa e abrangente participação da sociedade e seus elementos (En-In) de forma que as avaliações, mesmo que subjetivas, sejam consideradas na geração da carteira final de recursos energéticos e dos planos. Esse detalhamento e estratificação profundos dos recursos energéticos permitem que o tomador de decisão tenha subsídios que o auxiliem na escolha dos próximos investimentos, isto é, os impactos, benefícios e riscos são muitos mais claros que no planejamento tradicional [2].

Atrelado a isso, o fato do PIR analisar o planejamento energético também no longo prazo permite que as entidades que o utilizem possam ter diversos cenários possíveis para 15, 20, 30 anos ou até mais. E em sua forma completa o PIR pode proporcionar as entidades a possibilidade de visualizar como estes cenários serão modificados de acordo com as escolhas de curto prazo.

Na Figura 1 tem-se o diagrama de integração de recursos do PIR com seus nove passos principais. Ele foi condensado a partir das informações presentes em Gimenes (2004) [2]³.

Fonte: Elaboração própria a partir de (GIMENES, 2004) [2]

Figura 1. Diagrama ilustrativo do processo de integração do PIR

Na primeira etapa deste diagrama tem-se o levantamento de dados da região em estudo. Nesta etapa é feita a identificação de potencialidades e limitações relativas ao planejamento energético da região.

³ Este texto aborda de forma superficial os elementos da integração de recursos no PIR. Para aprofundamento no tema sugere-se a leitura da tese de doutorado de André Luiz Veiga Gimenes [2].

Na segunda etapa tem-se a determinação de recursos e demandas da região. Nessa fase consolidam-se informações existentes de demanda e utilizam-se ferramentas de previsões de forma a se ter a quantificação das demandas usual e reprimida. Também nessa fase os recursos energéticos em análise são caracterizados segundo as quatro dimensões principais do PIR.

No terceiro passo colocam-se os En-In no processo de integração de modo a se obter tanto os anseios e necessidades dos En-In quanto ter dados balizadores para a ACC.

Na quarta etapa determinam-se os sub-atributos que serão considerados e avaliados no planejamento energético da região. Caso necessário, repete-se o terceiro passo de forma a garantir que os anseios dos En-In foram devidamente capturados e a se coletar outras informações necessárias.

Na quinta fase tem-se a ACC propriamente dita. O resultado é a obtenção do *ranking* de recursos energéticos da região seguindo as premissas do PIR, isto é, o resultado deve considerar tanto os recursos do lado da oferta quanto do lado da demanda, deve também considerar os aspectos Ambientais, Sociais e Políticos com o mesmo peso do aspecto Técnico-Econômico e, por fim, considerar o ponto de vista dos Envolvidos-Interessados no planejamento energético da região.

No sexto passo é desenvolvida a alocação temporal dos recursos energéticos. Seguindo o *ranking* obtido na quinta fase e os atributos do quarto passo, esta etapa aloca os recursos energéticos em cada intervalo de tempo do horizonte de planejamento. O resultado desse passo é o plano preferencial para cada instante.

Na sétima etapa desenvolvem-se os cenários para o plano preferencial gerado no passo anterior. O resultado dessa etapa é a apresentação das condições

energéticas e ambientais para um instante posterior de modo a serem possíveis novas iterações do processo para realização do planejamento de longo prazo.

O oitavo passo é uma extensão da etapa anterior, porém faz-se com profundidade análises que consideram a dinâmica sócio-econômica do plano.

Na nona fase tem-se a análise dos aspectos mais relevantes a serem considerados no processo iterativo de composição do plano preferencial. O processo de integração de recursos é finalizado após se fazer as iterações necessárias para preenchimento de todo o horizonte de planejamento estipulado.

As propostas desenvolvidas nesta dissertação de mestrado englobam o passo cinco do diagrama de integração de recursos do PIR da Figura 1. Englobam também de forma parcial os passos um, dois, três e quatro.

2.3 OS RECURSOS ENERGÉTICOS DE OFERTA E DEMANDA

Durante todo o texto os recursos de oferta e demanda são apresentados de formas diferentes, porém cada um tem suas características, com qualidades e desvantagens, portanto, cabe aqui uma breve descrição destas importantes definições do PIR.

Primeiramente sobre os recursos de oferta vale defini-los como sendo a composição de uma fonte primária de energia utilizada por uma forma ou tecnologia de aproveitamento. Deste modo não se pode dizer que o vento ou o sol são recursos energéticos de oferta, na verdade os recursos energéticos de oferta são a geração de eletricidade através do vento, ou ainda os painéis fotovoltaicos que geram eletricidade

através da radiação. Nota-se que uma mesma fonte primária de energia pode resultar em diversos recursos energéticos, bastando para isso mudar a forma de aproveitamento. Uma estratificação costumeiramente realizada para os recursos de oferta é sua divisão em recursos de oferta renováveis e não-renováveis. Os renováveis são aqueles que dentro do horizonte de tempo considerado são repostos e os não renováveis são justamente o oposto [6].

Já os chamados RELDs são na verdade as tecnologias e / ou ações que permitem conservar ou economizar energia. Essa energia chamada de “geração virtual” é encarada no PIR como um recurso energético, pois possibilita sua utilização em outros usos-finais ou mesmo economiza a fonte energética para uso posterior. Não obstante, ela ainda posterga os investimentos no setor energético. Os recursos de demanda se estendem desde ações para redução de picos de demanda passando por medidas de conscientização e troca de lâmpadas, entre outros diversos tipos. Os RELDs estão estreitamente relacionados com o conceito de desenvolvimento sustentável, já que eles priorizam o uso racional e eficiente da energia [5].

3 AVALIAÇÃO DE CUSTOS COMPLETOS – ACC

A avaliação de custos completos, ACC, é uma metodologia desenvolvida dentro do grupo de energia do PEA/EPUSP desde a década de noventa. Sua formalização aconteceu através da dissertação de mestrado de Cláudio Elias Carvalho no ano 2000 [4]. Porém, no decorrer do desenvolvimento de estudos e trabalhos, algumas mudanças no método tradicional foram executadas. Algumas delas são exploradas nesta dissertação, contudo, para um correto embasamento, é importante a apresentação e descrição do método tradicional da ACC.

Dentro do PIR se faz necessária a comparação RELOs e RELDs de forma que seja gerado um *ranking* de sugestão de recursos, indo do mais indicado para o menos indicado. Usualmente essa tomada de decisão é realizada a luz com dados econômicos⁴ e técnicos⁵, porém, impactos negativos e positivos da adoção dos recursos devem ser considerados de forma que a nota final reflita o maior número de aspectos possíveis. Dentre estes aspectos estão os Ambientais, Sociais e Políticos. As maiores dificuldades de se considerar estes tipos de impactos são a subjetividade e dificuldade de precificação.

A precificação acima citada, também conhecida como internalização ou monetarização, é a maneira usual de se tratar aspectos subjetivos nas tomadas de decisões, pois através dela todos os aspectos tornam-se diretamente comparáveis. Por outro lado, o próprio método de precificação utiliza diversas premissas subjetivas sendo que os valores quantitativos gerados podem ser diferentes para cada pessoa

⁴ Exemplos de aspectos econômicos: TIR, VPL, Tempo de retorno simples, Valor de investimento, etc.

⁵ Exemplos de aspectos técnicos: Tempo de Instalação, Domínio da tecnologia, Disponibilidade dos insumos, etc.

que fizer a precificação, dependendo das hipóteses assumidas. Por isso mesmo a utilização da precificação deve ser muito bem pensada e as hipóteses consideradas devem estar muito claras para aqueles que utilizarão essas informações [6].

Segundo CARVALHO (2000) [4] existem três tipos de custos considerados na ACC, os internos, os menos tangíveis ou ocultos e os externos. A Figura 2 apresenta essa estrutura de custos completos.

Fonte: (CARVALHO, 2000) [4]
 Figura 2. Estrutura de custos completos

Os custos internos são os custos tradicionalmente contabilizados e pagos diretamente. O custo de instalação, custo de manutenção, custo dos insumos,

depreciações, impostos pagos e o custo de operação são exemplos de custos internos⁶.

São considerados custos menos tangíveis, indiretos ou ocultos aqueles custos conhecidos mas não incorporados na tomada de decisão. Como exemplos deste tipo de custos podem ser citados os custos de limpeza de córregos nos quais são despejados dejetos, o custo de obtenção de licenças, etc.

Já os custos externos são custos não arcados pelos usuários ou empresa, mas impostos a outros elementos da sociedade. Por exemplo, o custo gerado pela interferência na produtividade de uma fazenda de alimentos por conta da utilização de água de córrego com pH alterado por uma atividade industrial.

Como já mencionado, a ACC propõe-se como metodologia de cálculo dos custos completos de um empreendimento, isto é, a soma dos custos internos, dos menos tangíveis e externos. Caso não seja possível a precificação de um custo externo a ACC ainda propõe sua consideração na forma qualitativa⁷.

Ainda em (CARVALHO, 2000) [4] são propostos os passos básicos do processo da ACC. Essa proposta foi atualizada e será discutida no capítulo 3.1.

O primeiro dos passos propostos é definir as opções de atuação, onde é identificado o escopo de atuação da ACC, mostrando o que é considerado na avaliação e identificando as opções em análise. O segundo passo trata da identificação e entendimento dos custos considerados, tanto os internos quanto os outros. O terceiro passo trata da análise do desempenho financeiro, isto é, a utilização de um conjunto de ferramentas financeiras para demonstrar a real atratividade da

⁶ Alguns aspectos ambientais, sociais ou políticos podem ser considerados como custos internos, desde que sejam quantificados e considerados na tomada de decisão.

⁷ Na dissertação de Cláudio Elias Carvalho (2000) [4] não foi abordado um método de consideração dos aspectos qualitativos na tomada de decisão, nem tampouco sua integração com os dados quantitativos.

opção. O último passo é a tomada de decisão propriamente dita onde, a integração de todas as informações importantes para a decisão está devidamente considerada mostrando a viabilidade e atratividade das opções [4]. A Figura 3 mostra os passos básicos do processo tradicional da ACC.

Fonte: (CARVALHO, 2000) [4]

Figura 3. Estrutura tradicional de custos completos

Por fim, vale ressaltar que a Avaliação de Custos Completos não pode ser utilizada como uma ferramenta de tomada de decisão cega, isto é, seus resultados não podem ser aplicados diretamente. Ela serve de subsídio, auxílio, ao tomador de decisão, podendo este justificar com mais propriedade suas ações e resultados.

3.1 UTILIZAÇÃO DA ACC NO PIR

A teoria atual do Planejamento Integrado de Recursos prevê a utilização da Avaliação de Custos Completos de forma modificada em relação a adotada em outros trabalhos realizados previamente pelo grupo de energia do PEA/EPUSP ([14] [15] e [16]).

Na estrutura atual do PIR, a ACC é utilizada de duas maneiras distintas para a mesma integração dos recursos: uma na determinação da ACC determinística e outra na ACC estimada pelos En-In. Como premissa utilizada, as duas ACCs devem ter a mesma árvore, isto é, devem ter os mesmos atributos, sub-atributos e alternativas.

A primeira utilização se dá na chamada ACC determinística, onde todas as notas atribuídas aos recursos energéticos são estimadas deterministicamente, não existem dados qualitativos considerados, inclusive para as dimensões Ambiental, Social e Político. Este tipo de utilização da ACC pode ser extremamente complexo pois todos os aspectos considerados devem ser valorados numericamente, seja na forma monetária ou em outra que se mostre útil. Pode-se dizer que todas as externalidades devem ser internalizadas de forma a serem consideradas quantitativamente. Apesar da dificuldade de cálculo, para um PIR completo e rigoroso deve-se contar com essas informações.

Ainda sobre a ACC determinística, ao contrário das notas dos recursos que são calculadas deterministicamente, os pesos dos sub-atributos devem ser calculados qualitativamente pelos especialistas da região. Para este procedimento é utilizada a comparação par-a-par dentro do Processo Analítico Hierárquico, que será abordado no capítulo 4 desta dissertação.

Diversos estudos, incluindo dissertações de mestrado, foram desenvolvidos abordando justamente o cálculo determinístico e caracterizações de recursos energéticos para a região piloto de Araçatuba ([5] e [6]). Estes cálculos e resultados são utilizados nesse texto dentro da ACC determinística do piloto desenvolvido.

A segunda utilização é realizada na ACC estimada pelos En-In. Esta avaliação é totalmente qualitativa, os sub-atributos são comparados entre si como na ACC determinística porém com a opção de todos os En-In e os recursos são avaliados com relação aos sub-atributos qualitativamente⁸. Essa avaliação é feita utilizando uma escala verbal, que também está inserida dentro da metodologia de tomada de decisão do PAH, abordada no capítulo 4 desta dissertação.

Sobre os En-In vale o comentário sobre os freqüentes conflitos existentes entre si. Como dentro de En-In estão inseridas diversas entidades muitas vezes de interesses antagônicos, as opiniões sobre pontos específicos em relação a certos recursos energéticos são diferentes. Há também conflitos de origem ideológicas, comerciais, gerando competição entre os pares. Um exemplo destes conflitos são os aspectos ambientais, que muitas vezes para ONGs vêm preconizados e que frequentemente para as indústrias não são tão importantes. A ACC deve considerar a opção destes dois En-In, além de todos os outros que estão inseridos na análise, no momento da sugestão do *ranking* de energéticos.

Sobre os *rankings* de energéticos gerados pelas duas ACCs, é importante frisar que as alternativas não são excludentes, isto é, a ACC não apresenta um único recurso energético como resposta, ela apresenta um *ranking* inteiro de modo que todas as alternativas lá presentes devem ser consideradas para aplicação, porém

⁸ Vale reforçar que não há avaliação dos quatro atributos principais do PIR entre si. A premissa é que eles têm o mesmo peso, isto é, 25%.

guiando-se pelas prioridades calculadas. Notar que o *ranking* apresentado pela ACC não considera, por exemplo, a questão temporal nem a questão de restrição de capacidade.

Após a confecção das duas ACCs e da determinação dos *rankings* de recursos há o módulo de integração dos recursos, onde se deve gerar apenas um *ranking* de recursos. Essa consolidação deve ser desenvolvida não automaticamente, mas após reflexão e discussão dos membros da equipe que desenvolve o PIR em conjunto com os En-In. Essa consolidação deve ainda considerar a referência geográfica e suas análises. Análises de georeferenciamento são muito úteis nessa etapa do PIR.

Por fim, é importante notar que o estado final desejado do PIR é a geração de planos preferenciais com a referência temporal considerada. As ACCs aqui apresentadas e sua consolidação não utilizam essa referência, isto é, tras-se apenas o *ranking* em um determinado instante de tempo, com as condições ali estabelecidas. Na idéia completa do PIR várias ACCs devem ser geradas, provendo diversos *rankings* e cenários no tempo, possibilitando, assim, a geração completa de planos energéticos.

4 PROCESSO ANALÍTICO HIERÁRQUICO – PAH

Um dos principais objetivos desta dissertação é mostrar a utilização do PAH dentro da Avaliação de Custos Completos. Desta forma, este capítulo apresenta a metodologia do PAH, sua utilização dentro da ACC, os programas disponíveis que implementam o método e o modo de utilização com as funcionalidades de um dos programas, o *Decision Lens*.

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE O PAH

O PAH (*AHP*) é um poderoso e flexível método de tomada de decisão, ele auxilia a determinação de prioridades e também identifica a melhor opção dentro de várias alternativas possíveis, isto levando em conta tanto os aspectos quantitativos quanto os qualitativos. Através da redução de decisões complexas a decisões comparativas uma a uma, o PAH não apenas ajuda tomadores de decisão a chegar à melhor opção como também proporciona um raciocínio claro do porquê tal alternativa é a melhor.

O PAH se originou a partir do trabalho do Professor Thomas L. Saaty, na década de 70, como solução de análise de um conflito militar no Oriente Médio. Naquela época, o Professor Saaty atuou como consultor do governo egípcio e na análise da situação utilizou-se de métodos da teoria dos jogos. Embora o governo egípcio tenha seguido sua orientação, o que acabou ocasionando no processo de paz,

o Professor Saaty não ficou satisfeito com a maneira com que se chegou à decisão. Aspectos importantes não foram considerados por serem intangíveis, ou seja, não quantificáveis. Toda a teoria do PAH deste capítulo é baseada no livro base do Professor Saaty [17] e em dois artigos que utilizam o método ([18] e [19]).

Para desenvolver o PAH, o Professor Saaty baseou-se em conceitos de Álgebra Linear, Pesquisa Operacional e Psicologia. Os resultados foram publicados em periódicos de Matemática e Psicologia. Logo em seguida, o método começou a ser investigado por pesquisadores de diversas áreas, incluindo Engenharia e Administração. Na mesma época, foi lançado um modelo computacional (programa *Expert Choice*) [20] desenvolvido pelo Professor Ernest Forman, consultor e parceiro do Professor Saaty na empresa Incorporated *Expert Choice*. Atualmente diversas empresas utilizam a metodologia PAH, como IBM, Xerox, NASA, General Motors, 3M, Petrobras, etc..

4.2 METODOLOGIA DE EXECUÇÃO

O PAH é uma técnica de auxílio à tomada de decisão através da criação de *rankings* das alternativas, isto é feito com base em comparações par-a-par entre os atributos seguidos da comparação entre os sub-atributos dentro de cada um dos atributos, e das alternativas em cada um dos sub-atributos. Desta maneira têm-se os pesos de cada um dos atributos, dos seus sub-atributos e das alternativas.

Inicialmente para utilizar o PAH é necessário estipular os atributos, sub-atributos e alternativas a serem utilizados, também é necessário organizá-los de

maneira hierárquica, como exemplifica a Figura 4. Essa organização pode ter quantos níveis sejam necessários, sendo o nível superior sempre a meta a se alcançar e o mais inferior as alternativas. Os níveis intermediários são constituídos pelos atributos e seus sub-atributos. Caso necessário pode-se definir outros sub-atributos mais baixos dentro dos sub-atributos.

Fonte: Elaboração própria

Figura 4. Modelo de árvore hierárquica para metodologia PAH

Depois de definida a árvore hierárquica, inicia-se a avaliação dentro de cada nível. Esta avaliação é efetuada comparando-se aos pares as opções em cada nível, mas pode-se também realizar esta avaliação através de notas absolutas (*rates*).

Ao se comparar par-a-par, é utilizada uma escala de valores de 1 a 9 proposta por Saaty [17], sendo:

- 1 – igual importância.
- 3 – um pouco mais importante.
- 5 – muito mais importante.
- 7 – claramente ou muito fortemente mais importante.
- 9 – absolutamente mais importante.

Caso necessário pode-se usar os valores intermediários, para se demonstrar com mais precisão qual a avaliação efetuada.

Como definição genérica e matemática têm-se n alternativas diferentes ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$), sendo que cada alternativa tem um peso final W_n , isto é, ($W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$). A determinação do vetor W é o objetivo do método. O avaliador faz então a comparação par-a-par entre as alternativas (A_i, A_j), de maneira a formar uma matriz $n \times n$. Assim, ao se comparar a alternativa A_i com a A_j tem-se o valor a_{ij} , que é a representação quantitativa do julgamento do avaliador. O valor a_{ij} é ainda definido como a relação entre W_i e W_j . Como propriedade tem-se que $a_{ii} = 1$, para $i=1, 2, 3, \dots, n$. Como não existe o valor zero na escala verbal de Saaty pode-se também afirmar que se $a_{ij} = b$ então $a_{ji} = 1 / b$. Por fim, se A_i for mais importante que A_j tem-se que $a_{ij} > 1$. A matriz A é uma matriz positiva e recíproca, com a diagonal principal igual a 1. Os avaliadores somente precisam efetuar as avaliações acima da diagonal principal, isto é, o número de comparações necessárias é $n(n - 1)/2$. A matriz A pode ser observada na Equação 1.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Após todas as comparações par-a-par tem-se a Equação 2:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \cong \begin{bmatrix} W_1/W_1 & W_1/W_2 & \cdots & W_1/W_n \\ W_2/W_1 & W_2/W_2 & \cdots & W_2/W_n \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ W_n/W_1 & W_n/W_2 & \cdots & W_n/W_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

O próximo passo é multiplicar a Equação 2 acima pelo vetor coluna W a direita. A multiplicação da matriz de comparação par-a-par pelo vetor coluna W gera nW , isto é, a Equação 3:

$$AW = nW \quad (3)$$

Como a Equação 3 é um sistema de equações lineares homogêneas ele tem uma solução não-trivial se e somente se o determinante de $A - nI$ é zero, isto é, n é o autovalor de A e I é a matriz identidade $n \times n$. No método proposto por Saaty n é chamado λ_{max} (autovalor máximo). Assim pode-se escrever a Equação 4:

$$AW = \lambda_{max} W \quad (4)$$

Algo importante no PAH é obter-se o chamado Índice IC . Através do método do autovetor tem-se a medida de consistência. Isto é indicado na Equação 5:

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (5)$$

Após calcular-se IC , podemos calcular a RC . O cálculo de RC é importante, pois indicará o quão confiável são os resultados encontrados. Para calcular-se RC é necessário recorrer a tabelas que forneçam o valor do IR para cada dimensão de matriz, como a Tabela 1 que se segue.

Tabela 1. Índice Randômico para a dimensão da Matriz
Fonte: (SAATY, 1991) [17]

Tamanho da Matriz (n)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Após encontrar o valor de IR para a dimensão da matriz que se está trabalhando, calcula-se o valor de RC , pela Equação 6:

$$RC = IC / IR \quad (6)$$

Caso RC seja menor ou igual a 0,1 [17] o resultado pode ser considerado confiável, caso seja maior deve-se reavaliar as comparações efetuadas a fim de melhorar a consistência.

O método prático de execução do PAH é tomar a matriz da Equação 1 e achar o vetor prioridade (vetor P) dentro desta comparação. Para tanto, é necessário normalizar a matriz a partir de suas colunas e após isso somar cada uma das linhas e dividir o resultado pelo número de elementos da linha. Assim, monta-se o vetor prioridade dentro desta comparação.

Pode-se iniciar este processo no nível superior da árvore e repetí-lo para os níveis inferiores, encontrando-se assim os pesos destes sub-atributos dentro do critério superior. Após realizar este procedimento com todos os sub-atributos pode-se analisar as alternativas, dentro do sub-critério mais inferior, com base na mesma metodologia.

Ao se encontrar os pesos de cada alternativa dentro do sub-critério mais inferior é possível a construção do *ranking* geral, conforme os passos a seguir:

- 1) Multiplica-se a prioridade das alternativas dentro do sub-critério pela prioridade do sub-critério, assim cria-se o vetor prioridade do sub-atributos. Este vetor pode ser encarado com o *ranking* de alternativas para o sub-critério. Faz-se isso para todos os sub-atributos.

2) Agregam-se todos os vetores de prioridades do nível inferior e multiplica-se pela prioridade do critério superior da árvore. Tem-se assim o vetor prioridade do critério superior.

3) Repete-se o passo 2 até o nível mais alto. Quando este nível chegar tem-se o vetor prioridade do objetivo.

4.3 EXEMPLO NUMÉRICO

Para melhor entendimento da execução do PAH faz-se aqui um exemplo numérico [18]. Imagine a árvore de decisão da Figura 5. Nela deseja-se avaliar apenas sob o ponto de vista ambiental qual a melhor opção entre as alternativas:

- Cogeração a bagaço de cana.
- Pequenas centrais hidrelétricas.
- Geração eólica.
- Coletores solares.
- Geração a diesel.

Os atributos em análise do exemplo são:

- Impactos no solo.
- Impactos na água.
- Impactos no ar.
- Emissão de GEE.

Nesse exemplo é utilizada somente a análise qualitativa, isto é, estimada pelos En-In. O primeiro passo é obter as matrizes de comparações par-a-par das alternativas em relação aos atributos e dos atributos em relação ao objetivo. As notas foram dadas em função da escala de Saaty apresentada no item 4.2. Na Tabela 2 apresenta-se a matriz de comparação dos atributos em relação ao objetivo.

Fonte: Elaboração própria

Figura 5. Árvore de decisão do exemplo numérico

Tabela 2. Comparação par-a-par dos atributos

Fonte: Elaboração própria

	Impacto no Solo	Impacto no Água	Impacto no Ar	Emissão de GEE
Impacto no Solo	1	1/2	4	2
Impacto no Água	2	1	5	3
Impacto no Ar	1/4	1/5	1	1/2
Emissão de GEE	1/2	1/3	2	1

Da Tabela 2 conclui-se que o avaliador considera, por exemplo, o Impacto no Solo quatro vezes maior (ou pela escala verbal de Saaty, muito mais importante) que

o Impacto no Ar. Nesta Tabela 2 calcula-se o vetor prioridade do critério, para isso normaliza-se a tabela pelas colunas e então se somam as linhas. Forma-se então uma tabela 4x1. A Tabela 3 apresenta essa normalização e também o vetor prioridade do critério.

Tabela 3. Vetor prioridade dos atributos

Fonte: Elaboração própria

	Impacto no Solo	Impacto no Água	Impacto no Ar	Emissão de GEE	Vetor Prioridade
Impacto no Solo	0,267	0,246	0,333	0,308	0,288
Impacto no Água	0,533	0,492	0,417	0,462	0,476
Impacto no Ar	0,067	0,098	0,083	0,077	0,081
Emissão de GEE	0,133	0,164	0,167	0,154	0,154

A Tabela 3 mostra que para o objetivo principal da ACC Ambiental o impacto na água é o mais importante, com 47,6%.

O próximo passo é checar se as comparações realizadas são consistentes ou não. Para isso, deve-se primeiramente calcular o valor de $\lambda_{\max}$ (autovalor da matriz de comparação). Para isso faz-se os cálculos onde a matriz de comparação original vezes o vetor prioridade deve ser igual ao autovalor máximo ($\lambda_{\max}$) vezes o vetor prioridade. Isto é expresso nas equações 7 a 9.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 4 & 2 \\ 2 & 1 & 5 & 3 \\ 1/4 & 1/5 & 1 & 1/2 \\ 1/2 & 1/3 & 2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,288 \\ 0,476 \\ 0,081 \\ 0,154 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,161 \\ 1,923 \\ 0,326 \\ 0,620 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} 1,161 \\ 1,923 \\ 0,326 \\ 0,620 \end{bmatrix} = \lambda_{\max} \begin{bmatrix} 0,288 \\ 0,476 \\ 0,081 \\ 0,154 \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\lambda_{\max} = (1,161/0,288) + (1,923/0,476) + (0,326/0,081) + (0,620/0,154) = 4,023 \quad (9)$$

Pode-se então calcular o *IC* e o *RC* através da Equação 10 e da Equação 11, para $n = 4$ e o *RC*, com o *IR* para $n = 4$ (ver Tabela 1):

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} = \frac{0,023}{3} = 0,008 \quad (10)$$

$$RC = \frac{IC}{IR} = \frac{0,008}{0,90} = 0,009 \quad (11)$$

Como a razão de consistência é menor que 10% a comparação é válida.

Faz-se este mesmo procedimento para todas as outras matrizes de comparações. Nas tabelas 4 a 7 têm-se as matrizes de comparação originais, com os vetores prioridade calculados e suas *RCs*.

Tabela 4. Comparação par-a-par das alternativas em relação ao critério Impacto no Solo com o respectivo vetor prioridade. ($RC = 0,009$)

Fonte: Elaboração própria

Impacto no Solo	Co-geração a bagaço de cana	Pequenas centrais hidroelétricas	Geração eólica	Coletores Solares	Geração Diesel	Vetor Prioridade
Co-geração a bagaço de cana	1	1/2	1	1/2	3	0,154
Pequenas centrais hidroelétricas	2	1	3	2	7	0,397
Geração eólica	1	1/3	1	1/2	3	0,141
Coletores Solares	2	1/2	2	1	5	0,258
Geração Diesel	1/3	1/7	1/3	1/5	1	0,051

Tabela 5. Comparação par-a-par das alternativas em relação ao critério Impacto na Água com o respectivo vetor prioridade. ($RC = 0,004$)

Fonte: Elaboração própria

Impacto no Água	Co-geração a bagaço de cana	Pequenas centrais hidroelétricas	Geração eólica	Coletores Solares	Geração Diesel	Vetor Prioridade
Co-geração a bagaço de cana	1	1/2	1	1	2	0,180
Pequenas centrais hidroelétricas	2	1	2	2	4	0,360
Geração eólica	1	1/2	1	1	2	0,180
Coletores Solares	1	1/2	1	1	3	0,197
Geração Diesel	1/2	1/4	1/2	1/3	1	0,083

Tabela 6. Comparação par-a-par das alternativas em relação ao critério Impacto no Ar com o respectivo vetor prioridade. ($RC = 0,004$)

Fonte: Elaboração própria

Impacto no Ar	Co-geração a bagaço de cana	Pequenas centrais hidroelétricas	Geração eólica	Coletores Solares	Geração Diesel	Vetor Prioridade
Co-geração a bagaço de cana	1	1/2	2	1	2	0,198
Pequenas centrais hidroelétricas	2	1	4	2	4	0,396
Geração eólica	1/2	1/4	1	1/2	1	0,099
Coletores Solares	1	1/2	2	1	3	0,216
Geração Diesel	1/2	1/4	1	1/3	1	0,092

Tabela 7. Comparação par-a-par das alternativas em relação ao critério Emissões de Gases de Efeito Estufa com o respectivo vetor prioridade. ($RC = 0,056$)

Fonte: Elaboração própria

Emissões de GEE	Co-geração a bagaço de cana	Pequenas centrais hidrelétricas	Geração eólica	Coletores Solares	Geração Diesel	Vetor Prioridade
Co-geração a bagaço de cana	1	1	3	1/2	2	0,217
Pequenas centrais hidrelétricas	1	1	4	3	3	0,264
Geração eólica	1/3	1/4	1	1/3	1/2	0,070
Coletores Solares	2	1/3	3	1	2	0,234
Geração Diesel	1/2	1/3	2	1/2	1	0,115

Analisando-se as razões de consistência apresentadas nas tabelas 4 a 7 percebe-se que as comparações realizadas estão suficientemente coerentes, isto é, $RC < 10\%$. Neste ponto encerra-se o passo 1 do item 4.2.

Na sequência deve-se multiplicar cada um dos quatro vetores prioridade das alternativas que foram gerados pelo vetor prioridade dos atributos, como mostra a Equação 12:

$$\begin{bmatrix} 0,154 & 0,180 & 0,198 & 0,217 \\ 0,397 & 0,360 & 0,396 & 0,364 \\ 0,141 & 0,180 & 0,099 & 0,070 \\ 0,258 & 0,197 & 0,216 & 0,234 \\ 0,051 & 0,083 & 0,092 & 0,115 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,288 \\ 0,476 \\ 0,081 \\ 0,154 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,180 \\ 0,374 \\ 0,145 \\ 0,222 \\ 0,079 \end{bmatrix} \quad (12)$$

Como não há níveis superiores na árvore de decisão o processo se encerra.

O resultado da Equação 12 mostra que a alternativa mais indicada, seguindo o PAH e as comparações realizadas, são as pequenas centrais hidrelétricas, com 37,4%. Seguem-se as recomendações das alternativas com os coletores solares, com 22,2%, cogeração a bagaço de cana, com 18%, geração eólica com 14,5% e, por fim, geração a diesel, com 7,9%.

Deste modo está gerado para este exemplo o *ranking* dos energéticos. Como esse exemplo numérico não é rigoroso nas comparações par-a-par realizadas não se deve considerar o resultado propriamente dito, o objetivo deste item é somente exemplificar o método.

4.4 UTILIZAÇÃO DO PAH NA ACC

Na ACC tradicional há carência de uma ferramenta poderosa de valoração dos aspectos qualitativos. Tradicionalmente são dadas notas em uma escala numérica de um a dez para todos os itens avaliados. Isto gera um sério problema pois o ser humano tem uma limitação cognitiva na memória de curto prazo, de forma que a avaliação após a nona nota (alternativa) em relação ao mesmo critério perde o significado.

O famoso estudo que embasa a afirmação acima foi escrito por Miller em 1956 [21]. Ele é conhecido como “O número mágico sete, mais ou menos dois: Alguns limites na nossa capacidade de processar informação” e mostrou o conceito de *chunking* e a capacidade da memória de curto prazo. Neste estudo foi apresentada a idéia de que a memória de curto prazo poderia ter somente 5-9 *chunks* (pedaços) de informação (sete mais ou menos dois), onde um *chunk* é qualquer unidade significativa. Um *chunk* pode se referir a dígitos, palavras, posições de xadrez, ou rosto de pessoas. O conceito de *chunking* e a capacidade limitada da memória de curto prazo se tornaram um elemento básico em todas as teorias de memória posteriores.

O PAH elimina este problema pois com as comparações par-a-par a perda de significado devido a limitação da memória de curto prazo não existe.

Outro elemento muito importante e implícito no PAH é a utilização da metodologia de tomada de decisão através de árvores hierárquicas de julgamentos. O método auxilia os desenvolvedores do PIR em questão a refletir sobre os elementos importantes como a estruturação da tomada de decisão e o próprio processo de tomada decisão, quando o tradicional é se preocupar apenas com o resultado.

A utilização do PAH para os aspectos qualitativos dentro da ACC no âmbito do PIR se dá quando da comparação dos sub-atributos entre si, tanto para a ACC estimada pelos En-In quanto para a ACC determinística. O PAH na ACC estimada pelos En-In também é utilizado na avaliação de todas as alternativas em relação aos sub-atributos. Para as avaliações quantitativas, determinísticas, o PAH se presta na utilização de escalas (ditas *ratings*).

Um ponto importante a se observar é a sugestão de que o número de sub-atributos dentro de um critério seja no máximo sete⁹, pois o número de comparações a serem efetuadas aumenta de acordo com o número de elementos da comparação. Caso o número de sub-atributos realmente precise ser maior que sete sugere-se a criação de mais níveis verticais, com o limite de sete para cada folha da árvore.

⁹ Utilizando sete elementos na comparação par-a-par tem-se a realização de $7 \cdot (7-1)/2 = 21$ comparações.

4.5 PROGRAMAS QUE IMPLEMENTAM O PAH

O Processo Analítico Hierárquico pode ser modelado computacionalmente, isto viabiliza sua utilização, pois, caso todo o procedimento matemático tivesse que ser realizado manualmente ou através de uma planilha eletrônica, sua utilização poderia ficar restrita ou incompleta.

Os programas existentes ainda têm o diferencial de auxiliar o processo de tomada de decisão, por exemplo, estruturando os passos de forma seqüencial. Além disso, os programas calculam automaticamente a razão de consistência das matrizes de comparações par-a-par, e mais do que isso, identificam quais comparações estão contribuindo mais significativamente para as inconsistências.

Uma outra importante funcionalidade que os programas permitem é a alteração de parâmetros em tempo real de forma a se observar as mudanças na resposta, assim é possível saber instantaneamente a consequência de uma mudança. Atrelada a essa funcionalidade estão os gráficos de sensibilidade onde, por exemplo, pode-se verificar a robustez de uma resposta, isto é, o quanto ela se altera após uma modificação nos parâmetros de entrada. Muitas outras análises de sensibilidade estão disponíveis nos programas, na maioria das vezes através de gráficos.

Os programas ainda permitem que mais de um avaliador, dito votante, participe da avaliação. Ainda é possível atribuir pesos diferentes para cada votante e observar em tempo real a resposta para cada um deles, para um grupo ou para todos os votantes simultaneamente.

É ainda disponibilizada nos programas a possibilidade de utilização de *Keypads*, isto é, ferramentas físicas de escolha. Desta forma pode-se em uma sessão de consenso ter-se em tempo real as respostas e resultados para uma avaliação.

Por fim, vale destacar que existem diversos programas no mercado, cada qual com suas funcionalidades e particularidades. Entre eles estão o *Expert Choice* [20] , *Decision Lens* [22] e o *Super Decision* [23]. Nesta dissertação é utilizado o DL, programa que o projeto FAPESP processo 03/06441-7 ([7] e [8]) adquiriu licenças de uso. Ele possui todas as funcionalidades descritas acima além de contar com suporte nacional para a solução de problemas. Além disso, esses programas foram estudados no projeto do SAGe [24].

4.6 O PROGRAMA DECISION LENS E SUAS FUNCIONALIDADES

O programa *Decision Lens* foi desenvolvido e é atualizado pela empresa *Decision Lens Inc.*, que está localizada nos Estados Unidos da América. Ela é dirigida por Daniel Saaty e John Saaty, filhos do criador do PAH, Thomas L. Saaty, que é também consultor da empresa. Desta forma, a companhia tem um grande *know-how* e credibilidade no Processo Analítico Hierárquico. O programa *Decision Lens* é utilizado por diversas instituições, governos e empresas de renome, como NASA, Dow e Departamento de Defesa Norte- americano [22].

Neste capítulo são apresentadas a interface do DL e as diversas telas que conduzem desde o desenvolvimento do modelo até a obtenção do *ranking* e da

análise de sensibilidade. Para tanto será utilizado o mesmo exemplo do item 4.3, incluindo a árvore de decisão e os julgamentos¹⁰.

A tela padrão do DL, que pode ser observada na Figura 6, contém na parte superior os cinco macro-passos da construção, utilização e análise de uma tomada de decisão. Já no menu a esquerda têm-se as etapas de cada macro-passo. Na tela central estão dispostos os dados principais, onde se têm as informações de entrada e saída.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
Figura 6. Tela inicial do DL

Os cinco macro-passos do DL são:

- Construção do modelo: faz-se a discussão inicial do processo a ser desenvolvido, identificando as hipóteses e regras consideradas. Monta-se a

¹⁰ Novamente vale citar que os julgamentos propriamente ditos e o resultado gerado não devem ser considerados com rigor, haja vista que o objetivo deste capítulo é apresentar a utilização do programa.

árvore de decisão com a meta, atributos e sub-atributos. Identificam-se as alternativas e os participantes do processo decisório.

- Comparação dos atributos: fazem-se as comparações par-a-par dos atributos e sub-atributos para todos os votantes. Observa-se a priorização dos atributos e sub-atributos entre si bem como as inconsistências e suas análises.
- Avaliação das alternativas: fazem-se as avaliações das alternativas em relação ao nível superior, seja por comparação par-a-par, seja pela utilização de uma escala verbal ou numérica. Observa-se o *ranking* de alternativas em relação a meta e a cada um dos atributos e sub-atributos. Ainda neste passo tem-se a análise de sensibilidade.
- Alocação de recursos: este macro-passo não faz parte do escopo desta dissertação, pois aborda a distribuição do montante de recurso financeiro disponível entre as alternativas.¹¹
- Confecção de relatórios: gera relatórios em formato rtf de todas as informações de entrada e saída do modelo de decisão construído.

4.6.1 Desenvolvimento do exemplo

Como dito, o exemplo desenvolvido no DL será o mesmo do item 4.3, assim, de lá sairão as alternativas consideradas, a árvore de decisão e as comparações. Neste exemplo haverá somente um votante.

¹¹ A utilização tradicional do *Decision Lens* é na alocação de um montante limitado de recurso financeiro entre uma série de projetos possíveis. Empresas utilizam o programa e especificamente o macro-passo de alocação de recursos para determinar essa distribuição ótima.

O primeiro passo no desenvolvimento do processo decisório dentro do DL são as definições das hipóteses e regras seguidas. Para tal basta clicar no ícone correspondente de hipótese ou regras e escrevê-la. Este procedimento pode ser observado na Figura 7.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
Figura 7. Inserção de hipótese no DL

Clica-se em “Next” e parte-se para o passo de criação da árvore de decisão. Identifica-se o objetivo da decisão, no exemplo desenvolvido é “ACC Ambiental”. Tal passo é observado na Figura 8.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
Figura 8. Determinação do objetivo

Adicionam-se então os atributos e sub-atributos. Para tal clica-se em *Add Child* até que toda a árvore de decisão esteja construída. Este passo pode ser observado na Figura 9. Para cada um dos atributos e sub-atributos podem-se adicionar comentários de modo que, no momento das comparações e avaliações, o tomador de decisão saiba exatamente o que deve ser considerado.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
 Figura 9. Construção da árvore de decisão

O próximo passo é a identificação de todas as alternativas consideradas. Também há a possibilidade de inserção de comentários para cada uma delas. Este passo pode ser observado na Figura 10.

Decision Goal: ACC Ambiental

1 Build Model 2 Compare Criteria 3 Evaluate Alternatives 4 Allocate Resources 5 Reporting

Build Model Steps

- Meeting Preparation
- Create Tree-View
- Identify Alternatives
- Identify Participants

Process Tip

Click Add Alternative to add in options to be evaluated. Click on the note icon on the right of each alternative row to type in a definition on alternatives. Click the numbers in the order column, change them, and press enter to re-order alternatives.

Identify Alternatives

Add Alternative Delete

☐ Select All

Delete	Order	Alternative
☐	1	Co-geração a bagaço de cana
☐	2	PCH's
☐	3	Eólico
☐	4	Coletores Solares
☐	5	Diesel

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
 Figura 10. Identificação das alternativas

Na última etapa do macro passo de construção do modelo identificam-se os participantes da escolha. No exemplo há apenas um votante. Este passo está identificado na Figura 11. Vale notar neste passo que se pode priorizar os votantes, isto é, pode-se determinar qual dos votantes terá maior influência na decisão final.

Decision Goal: ACC Ambiental

1 Build Model 2 Compare Criteria 3 Evaluate Alternatives 4 Allocate Resources 5 Reporting

Build Model Steps

- Meeting Preparation
- Create Tree-View
- Identify Alternatives
- Identify Participants

Process Tip

Click Add Participant to add voting participants to the decision model. You can prioritize participants by clicking the prioritize participants button. Duplicate keypad numbers are not allowed for participants.

Identify Participants

Prioritize Participants

Add Participant Delete

☐ Select All

Delete	Name	Priority	KeyPad	Active
☐	Decio Cicone Junior	1.0	1	Yes

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
 Figura 11. Adição dos votantes

O macro-passo de comparação dos atributos inicia-se com as comparações par-a-par dos atributos e sub-atributos. Isto é realizado através da utilização da escala

verbal de Saaty que no programa é identificado através de uma barra *slide*. Quanto maior a prioridade do elemento em relação ao outro da comparação, mais a barra fica distante do centro. Clicando-se em “*next vote*” passa-se a próxima comparação. No menu a esquerda os elementos da comparação em andamento ficam em destaque. A Figura 12 apresenta esta etapa para o exemplo.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
 Figura 12. Comparação par-a-par dos atributos

Depois de efetuadas todas as comparações par-a-par o DL provê o gráfico de prioridade dos atributos com a inconsistência da avaliação. A Figura 13 apresenta este resultado e comparando-a com a Tabela 3 (que calculou manualmente a resposta para o mesmo exemplo) mostra-se a consistência do programa com a teoria do PAH.

A última etapa deste macro passo é a análise das inconsistências das comparações. Da Figura 14 nota-se que a inconsistência foi de 0,8%, muito abaixo dos 10% indicado pelo método, porém através do DL pode-se identificar qual comparação que mais afeta a consistência da comparação.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 13. Prioridade dos atributos pela comparação efetuada

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 14. Análise de inconsistência das comparações dos atributos

Ainda da Figura 14 nota-se que alterando a avaliação do “Menor Impacto no Solo” com o “Menor Impacto na Água” pode-se reduzir a inconsistência de 0,08% para

0,01%. Clicando-se em “Go to comparison” tem-se a comparação em questão, que pode ser alterada neste mesmo momento, em conjunto com o valor recomendado para minimizar a inconsistência. Isto pode ser observado na Figura 15.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
Figura 15. Recomendação de avaliação

O terceiro macro passo, avaliação das alternativas, inicia-se com a escolha de se comparar as alternativas entre si pelo método par-a-par ou através de uma escala (verbal ou numérica). Quando o número de alternativas é grande o número de comparações par-a-par torna-se inviável e então é costumeira a utilização de escalas. Outra importante utilização das escalas é para a avaliação de aspectos quantitativos, através delas pode-se determinar o quanto vale cada faixa de valores. Como no exemplo têm-se poucas alternativas, será realizada a comparação par-a-par. Isto pode ser observado na Figura 16.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
 Figura 16. Escolha do modo de avaliação das alternativas

Inicia-se então a comparação das alternativas entre si. Procede-se do mesmo modo que na comparação dos atributos até que sejam comparadas todas as alternativas entre si em relação a todos os atributos. Observa-se este passo na Figura 17.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
 Figura 17. Comparação par-a-par das alternativas

Após todas as comparações tem-se o *ranking* final das alternativas. Este *ranking* considera as prioridades dos atributos. Ele pode ser observado na Figura 18.

Aqui é muito importante ressaltar que a resposta gerada pelo programa DL (Figura 18) é exatamente a mesma, inclusive com os mesmos pesos, do *ranking* gerado no cálculo manual (item 4.3). Desta forma se valida o uso do DL para implementação do PAH.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
Figura 18. *Ranking* final das alternativas

Na última etapa do macro passo de avaliação das alternativas têm-se as análises de sensibilidade. Através dos gráficos de barras pode-se alterar interativamente os pesos dos atributos e observar como o resultado é modificado. Caso haja sub-atributos, o mesmo tipo de análise pode ser efetuado. Na Figura 19 tem-se o gráfico de sensibilidade em barras com a planilha de prioridades original enquanto que a Figura 20 apresenta o mesmo gráfico com os pesos modificados. Observa-se como a resposta *score* é modificada diminuindo-se a prioridade do critério “Menor Impacto na Água”.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 19. Gráfico de sensibilidade em barras com planilha de prioridades original

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 20. Gráfico de sensibilidade em barras com planilha de prioridades modificada

Um outro gráfico de sensibilidade disponível é o que apresenta o *ranking* em barras tanto para os atributos quanto para as alternativas, sendo que nas alternativas estão identificadas através de cores as contribuições de cada um dos atributos. Nesta análise de sensibilidade também é permitida a alteração dos pesos dos atributos de forma a se observar a variação na resposta. A Figura 21 traz este gráfico de barras horizontais com os pesos originais enquanto que a Figura 22 traz o gráfico com os pesos modificados.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
 Figura 21. Gráfico de sensibilidade em barras horizontais original

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 22. Gráfico de sensibilidade em barras horizontais com pesos modificados

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 23. Tela de geração de relatórios

Como já mencionado o macro passo de alocação de recursos não é utilizado nesta dissertação. O quinto e último macro passo é a geração de relatórios de todo o processo de tomada de decisão, desde a construção da árvore de decisão até a inserção de dados e a obtenção de *rankings* de saída e análises de sensibilidade. O DL disponibiliza a possibilidade de exportar dados em formato rtf, que os editores de texto padrões têm capacidade de ler. É possível escolher quais parâmetros estarão no relatório, isso é realizado através de uma seleção simples dentro todos os parâmetros disponíveis. A Figura 23 apresenta a tela de geração de relatórios.

5 PROJETO PIR ARAÇATUBA

Atualmente o Grupo de Energia do PEA/EPUSP e o IEE/USP desenvolvem um projeto de Planejamento Integrado de Recursos na região administrativa de Araçatuba e através dele foi possível aplicar a ACC proposta nessa dissertação. Isto é, foi desenvolvida uma árvore de decisão, com determinação dos atributos, sub-atributos e alternativas para a região em estudo. Foi também aplicada a ACC estimada deterministicamente para a região¹² e a ACC estimada pelos En-In. Esta última através da realização de oficinas na região de Araçatuba onde os atores envolvidos preencheram questionários de estimativas qualitativas. Tais ACCs e a oficina são descritas no capítulo 6 desta dissertação.

A possibilidade de se aplicar o método aqui proposto durante o período de desenvolvimento da dissertação foi muito importante, pois além de validá-lo presta-se como exemplo para futuras aplicações em outras regiões.

O projeto de PIR em Araçatuba leva o nome de “Novos instrumentos de planejamento energético regional visando o desenvolvimento sustentável”, é financiado pela FAPESP através do processo 03/06441-7 e é desenvolvido na atual etapa desde 2006¹³ [7]. Seus principais objetivos visam caracterizar o potencial não utilizado na região, aplicar a metodologia PIR para o potencial energético identificado,

¹² Novamente deixa-se claro que o cálculo determinístico de cada recurso energético em relação ao sub-critério não faz parte do escopo dessa dissertação pois os valores foram calculados pela equipe do PIR. Desenvolve-se aqui o método de consideração desses valores (que têm unidades de medidas diferentes) dentro da mesma árvore de decisão, utilizando-se o PAH.

¹³ Apesar de a atual etapa ter sido iniciada em 2006 as atividades com a região de Araçatuba se desenvolvem desde 2002 [7].

avaliar incertezas e riscos da exequibilidade do uso do potencial energético e consolidar a participação dos En-In no projeto.

Os objetivos específicos desta segunda etapa são capacitar a equipe da região piloto a identificar tais recursos energéticos de oferta e demanda, realizar o levantamento do aproveitamento energético local (do lado da oferta e da demanda), determinar o escopo de aproveitamento quanto aos Mecanismos de Desenvolvimento Limpo e aos Créditos de Carbono, identificar as formas de integrar ações do projeto com políticas sociais na região, além de quantificar impactos ambientais e mercado reprimido para atender necessidades futuras.

A região administrativa de Araçatuba é a área piloto pois tem uma série de opções de recursos que podem ser explorados. Ela conta com o curso do baixo Tietê e trecho do rio Paraná onde a potência instalada de usinas hidroelétricas soma 6,41MW. Também há a hidrovia Tietê-Paraná, um sistema de navegação cuja área de influência é de aproximadamente 76 milhões de hectares e que é importante rota de fluxo de transporte de cargas. O gasoduto Bolívia-Brasil também cruza a região e contém um volume comercializável da ordem de 1.700.000 m³/mês. Além de várias outras fontes de energia que podem ser aproveitadas na região, entre elas: álcool, bagaço de cana-de-açúcar, óleos, biodiesel, biogás, cascas e lenha, termelétricas, gás natural veicular, gás natural (comercial e residencial), PCH, aerogeradores, sistemas fotovoltaicos e coletores solares [7].

A metodologia aplicada neste projeto conta com as fases: consolidação de recursos e tecnologias, pesquisa de campo, determinação do potencial, realização do PIR com a avaliação dos custos completos e dos riscos e incertezas, integração e alocação temporal de recursos, interação com os En-In e, por fim, a apresentação pública dos resultados obtidos.

Para tal, a metodologia utilizada seguiu os passos:

- Consolidação do levantamento e estudo dos recursos e tecnologias viáveis de aproveitamento e realização de uma análise dos recursos do ponto de vista Técnico-Econômico, Ambiental, Social e Político.
- Realização de coletas de dados na região em estudo, visando identificar todos os aproveitamentos energéticos disponíveis, tanto do lado da oferta como do lado da demanda.
- A execução do PIR propriamente dito com o envolvimento e colaboração direta dos En-In.
- Posterior apresentação pública dos resultados, com a presença dos atores envolvidos.

Já como etapas práticas do projeto têm-se os seguintes tópicos:

1. Consolidação de recursos e tecnologias de oferta e demanda. Consiste em realizar o levantamento e estudo dos recursos e tecnologias viáveis com aprofundamento na caracterização completa do RELO e do RELD, incluindo uma análise dos recursos do ponto de vista Técnico-Econômico, Ambiental, Social e Político.
2. Pesquisa de campo e inventário regional energético. Consiste em coletar dados da geografia, fauna, flora e clima. Identificar o aproveitamento energético disponível para obtenção do perfil sócio-econômico da população e o conseqüente levantamento da demanda reprimida.
3. Primeiro treinamento de capacitação de RELO/RELD (dimensão Econômica). Com a análise dos dados das etapas 1 e 2, capacitar a

entidade parceira a avaliar a dimensão econômica do RELO/RELD para elaboração de planos de negócio em recursos distribuídos locais, avaliação de potencial econômico e desenvolvimento de projetos estratégicos.

4. Determinação do potencial de recursos energéticos. Consiste em determinar todos os recursos energéticos viáveis e traçar o perfil de cada um destes recursos com as dimensões Econômica, Ambiental, Social e Política da região.
5. Realização do PIR.
6. Primeira Oficina de PIR. Exposição de informações coletadas e peneiramento de Recursos a partir de ACC realizada com os En-In.
7. Segundo treinamento de capacitação de RELO/RELD (dimensão Ambiental). Consiste na avaliação completa de custos junto aos En-In e sua avaliação quanto à dimensão Ambiental.
8. Caracterização de recursos selecionados. Realização de nova ACC e refinamento de potencial para que formem algumas carteiras conjuntas de recursos de Oferta e Demanda.
9. Realização de uma ACC técnica apenas com especialistas na área energética e nas áreas: Ambiental, Social, Técnico-econômica e Política, todas no âmbito da energia. Tal análise multidisciplinar caracteriza o PIR e é imprescindível para o balizamento e para a legitimação do processo de planejamento energético.
10. RELO, RELD e integração de recursos: análise dos recursos do ponto de vista Técnico-Econômico, Ambiental, Social e Político.

11. Alocação temporal de recursos para o plano preferencial. De acordo com sua classificação, considerando-se suas limitações e possibilidades de acordo com a localização.
12. Composição de cenários.
13. Iterações. Consolidação dos dados para maior precisão e abrangência de acordo com a necessidade do projeto.
14. Formação de carteiras diferenciadas resultantes da combinação de recursos de oferta e demanda, que atendam a diferentes necessidades como investimentos, preservação ambiental e cenários sustentáveis.
15. Segunda oficina de PIR a partir da construção de um plano preferencial para introdução de recursos de acordo com o aumento da demanda.
16. Terceiro treinamento de capacitação de RELO/RELD (dimensão Social). Articulado e produzido de acordo com os resultados da segunda oficina de PIR.
17. Construção do plano preferencial. Introdução de recursos de acordo com a evolução da demanda.
18. Avaliação de incertezas e riscos. Levando-se em conta o ponto de vista Técnico-Econômico, Social, Ambiental e Político.
19. Realização da terceira oficina de PIR. Constituído a partir do plano preferencial e da avaliação de incertezas e riscos.
20. Quarto treinamento de capacitação de RELO/RELD (dimensão política). Envolvimento e colaboração direta dos En-In, tanto públicos quanto privados. O que leva a realização da Quarta Oficina de PIR para consolidação dos interessados e envolvidos em projetos relacionados e treinamento de RELO/RELD na dimensão política.

21. Fechamento dos relatórios técnico e executivo do PIR.
22. Confecção do relatório técnico do projeto. Levantamento do aproveitamento energético, identificação das necessidades da região, indicação de aproveitamento energético disponível, determinar aproveitamento quanto aos MDL, elaboração de metodologia e plano de ação para difusão de uso de recursos tanto do lado da oferta quanto da demanda, quantificação de impactos ambientais, integrar formas de geração distribuída com políticas sociais.
23. Início da implantação de processo de PIR com a participação dos En-In.
24. Apresentação pública dos resultados: presença de todos os atores envolvidos, FAPESP, órgãos governamentais entre outros para demonstração da consolidação de tecnologias e recursos energéticos, caracterização completa dos recursos de oferta e de demanda visando ACC e PIR, determinação do potencial e dos custos completos indicando opções de investimentos mais atraentes, aplicação da metodologia PIR no RELO/RELD para cada dimensão de análise do PIR: Técnico-econômica, Social, Política e Ambiental.

Como se pode notar das etapas acima descritas, a presente dissertação contribui de forma significativa para aquelas que a ACC está relacionada. São elas: etapas 6, 7, 8, 9 e 24.

6 APLICAÇÃO DAS ACCS NO PIR ARAÇATUBA

6.1 A ÁRVORE DE DECISÃO UTILIZADA

A primeira e fundamental etapa antes da aplicação da Avaliação de Custos Completos propriamente dita é a determinação da árvore de decisão, que consiste dos sub-atributos e recursos energéticos, bem como da estruturação destes em uma árvore. A partir desta árvore pode-se aplicar a ACC estimada deterministicamente e também a ACC estimada pelos En-In.

É de fundamental importância que a árvore utilizada na ACC estimada deterministicamente seja exatamente igual a utilizada na ACC estimada pelos En-In. Desta forma os resultados serão comparáveis e também será possível discutir como a visão determinística difere da opção dos Envolvidos-Interessados.

6.1.1 Sub-Atributos

Como consta da metodologia de PIR estabelecida [1], não se pode modificar as dimensões principais, que estão divididos da seguinte forma:

- Técnico-Econômico.
- Ambiental.
- Social.
- Político.

Já os sub-atributos são customizáveis de acordo com o PIR aplicado e para o PIR Araçatuba eles foram estipulados após reuniões com a equipe PIR. O total de sub-atributos são 28 e abaixo eles estão citados com a respectiva unidade utilizada e com uma breve explicação.

- Custo de energia gerada / economizada.
 - R\$ / MWh.
 - Valor para se gerar ou economizar 1 MWh com o recurso.
- Tempo de recuperação do capital.
 - Anos.
 - Tempo que se leva para recuperação do capital investido.
- Confiabilidade do recurso.
 - %.
 - O quão confiável é o recurso.
- Tempo para implementação.
 - Meses.
 - Tempo que se leva para começar a se usufruir do recurso após a decisão de implantá-lo.
- Vida útil.
 - Anos.
 - Vida útil do recurso após instalação mesmo.
- Facilidade de instalação, operação e manutenção.
 - R\$ / homem.hora.
 - Quanto custa um funcionário em uma hora de trabalho para instalar / operar / fazer manutenção do recurso.
- Custo de instalação.

- R\$ / KW.
 - Quanto custa instalar 1 MW do recurso.
- Nível de geração de gases de efeito estufa.
 - Ton GEE / MWh.
 - Quantas toneladas de gases de efeito estufa são geradas para se produzir 1 MWh com o recurso.
- Tipo de poluente aéreo gerado.
 - Tipo.
 - Tipo de poluente aéreo gerado quando se utiliza o recurso.
- Nível de consumo de água.
 - m³ / MWh.
 - Quantidade de m³ que se perde para gerar 1 MWh com o recurso.
- Tipo de efluente gerado.
 - Tipo.
 - Tipo de efluente gerado quando se utiliza o recurso.
- Peso do resíduo gerado por MWh.
 - Kg / MWh.
 - Quanto se gera de resíduo em quilos (independentemente do seu tipo) para se produzir 1MWh.
- Ocupação do solo.
 - m² / MW.
 - Área que é ocupada para instalação de 1 MW com o recurso.
- Tipo de resíduo gerado.
 - Tipo.
 - Tipo de resíduo gerado quando se utiliza o recurso.

- Nível de percepção de conforto.
 - Descrição.
 - Breve descrição sobre fatores positivos e negativos que podem influenciar a percepção de conforto dos En-In.
- Efeitos em edificações.
 - Ton SOx e NOx / MWh.
 - Toneladas de óxidos de enxofre e nítricos que são geradas para se produzir 1 MWh com o recurso.
- Efeitos na saúde pública.
 - Descrição.
 - Quantas internações são geradas / evitadas para cada MWh gerado pelo recurso.
- Nível de desenvolvimento do IDH regional.
 - Variação do IDH regional / MW (%).
 - Quanto aumenta o IDH quando se aumenta 1 MW do recurso.
- Nível de geração de empregos durante a construção.
 - Números de empregos / MW.
 - Empregos gerados durante a construção do recurso por MW.
- Nível de geração de empregos durante a operação.
 - Números de empregos / MW.
 - Empregos gerados durante a operação do recurso por MW.
- Relação com variação cambial.
 - Descrição.
 - Quanto varia o custo da energia (MWh) produzida pelo recurso quando o dólar varia 10%.

- Localização da fonte do recurso.
 - Local, nacional ou importado.
 - Localização do recurso.
- Propriedade da fonte.
 - Livre, governamental ou importada.
 - Quem é o “proprietário” do recurso.
- Propriedade da tecnologia.
 - Livre, nacional ou importada.
 - Propriedade da tecnologia utilizada no recurso.
- Apoio político.
 - Descrição.
 - Breve informação sobre eventual apoio político que o recurso tem na região.
- Desconto nos impostos.
 - Descrição.
 - Porcentagem de desconto nos impostos que é oferecida no caso de adoção do recurso.
- Nível de aceitação da sociedade.
 - Descrição.
 - Breve descrição sobre eventual aceitação / rejeição da sociedade da região em relação ao recurso.
- Nível de aceitação das entidades privadas.
 - Descrição.
 - Breve descrição sobre eventual aceitação / rejeição das entidades privadas da região em relação ao recurso.

6.1.2 Recursos Energéticos

Assim como os sub-atributos, os recursos energéticos considerados dentro do PIR Araçatuba foram estipulados após reuniões com a equipe PIR. Foram considerados tanto os recursos do lado da oferta quanto da demanda de forma que seu número total foi de 21. Abaixo eles estão citados com uma breve descrição.

- Coletor solar.
 - Energia térmica gerada através de coletor solar para redução de consumo de energia elétrica no chuveiro.
- Gás natural para cogeração.
 - Produção de energia elétrica e térmica a partir do gás natural.
- Eólica.
 - Energia elétrica gerada através da energia eólica.
- Bagaço de cana para cogeração.
 - Produção de energia elétrica e/ou térmica e/ou mecânica a partir do bagaço de cana.
- Hidrelétrica.
 - Geração de energia elétrica a partir das águas (energia potencial ou cinética). Potência instalada maior que 30 MW.
- Pico-hidrogeração.
 - Geração de energia elétrica a partir das águas (energia potencial ou cinética). Potência instalada de até 1 MW.
- PCHs

- Geração de energia elétrica a partir das águas (energia potencial ou cinética). Potência instalada entre 1 MW e 30 MW.
- Substituição de lâmpadas.
 - Geração virtual (economia) de energia elétrica a partir da substituição de lâmpadas por outras mais eficientes.
- Arquitetura bioclimática.
 - Geração virtual (economia) de energia elétrica a partir do desenvolvimento / adaptação de prédios / casas.
- Medidas de informação e educação.
 - Geração virtual (economia) de energia elétrica a partir da conscientização e educação da população para uso racional.
- Termo-acumulação.
 - Geração virtual de capacidade instalada através do deslocamento do consumo de energia elétrica para fora da ponta e armazenamento de energia térmica.
- Biodiesel para motor de combustão interna.
 - Geração de energia mecânica ou elétrica a partir de biodiesel em motor de combustão interna.
- Álcool para motor de combustão interna.
 - Geração de energia mecânica ou elétrica a partir de álcool em motor de combustão interna.
- Gasolina para motor de combustão interna.
 - Geração de energia mecânica ou elétrica a partir de gasolina em motor de combustão interna.
- Carvão mineral para térmicas.

- Geração de energia elétrica a partir de carvão mineral.
- Biogás para cogeração.
 - Produção de energia elétrica e térmica a partir do biogás.
- Gás natural para motor de combustão interna.
 - Geração de energia mecânica ou elétrica a partir de gás natural em motor de combustão interna.
- Nuclear.
 - Energia elétrica gerada através de fonte nuclear.
- Diesel para motor de combustão interna.
 - Geração de energia mecânica ou elétrica a partir de diesel em motor de combustão interna.
- Célula combustível.
 - Geração de energia elétrica a partir da reação de hidrogênio e oxigênio.
- Geo-térmica.
 - Geração de energia elétrica ou térmica a partir de altas temperaturas abaixo da superfície.

6.1.3 Estrutura da árvore de decisão

Tão importante quanto a definição dos sub-atributos e dos recursos energéticos é a determinação da árvore de decisão pois através dela todo processo decisório será realizado.

A árvore é apresentada de forma segmentada pelas dimensões Técnico-Econômico, Ambiental, Social e Político para que a visualização nessa dissertação seja facilitada.

Para cada sub-critério mais baixo da árvore há uma relação com todos os recursos energéticos, isto é, para cada um destes sub-atributos é necessário haver uma valoração para todas as alternativas, seja esta valoração a determinística ou a realizada pelos En-In. Eventualmente algum sub-critério pode ser desmembrado em outros sub-atributos, isto é, pode haver sub-atributos com outros sub-atributos abaixo, como exemplo tem-se o sub-critério “Meio aéreo” na Figura 26 que tem os sub-atributos “Nível de geração de gases de efeito estufa” e “Tipo de poluente aéreo gerado”.

A Figura 24 apresenta a parte mais alta da árvore de decisão com o objetivo da decisão que é a ACC de Araçatuba. Abaixo do objetivo estão as dimensões principais do PIR: Técnico-Econômico, Ambiental, Social e Político.

Fonte: Elaboração própria

Figura 24. Seção da árvore de decisão com a meta e os atributos

A Figura 25 apresenta a parte da árvore de decisão abaixo do critério Técnico-Econômico. São sete sub-atributos, sendo que nenhum deles tem sub-atributos mais baixos.

Dentro da ACC esses sub-atributos são comparados par-a-par entre si através do PAH de forma que seja possível determinar a prioridade de cada um dos sub-atributos. A somatória das prioridades dos sete atributos deverá ser igual a um. Este tipo de comparação, par-a-par entre os sub-atributos, é realizada pelos especialistas na ACC estimada deterministicamente e pelos En-In na ACC qualitativa.

Fonte: Elaboração própria

Figura 25. Seção da árvore de decisão com critério Técnico-Econômico e seus sub-atributos

Já a Figura 26 apresenta a parte da árvore de decisão abaixo do critério Ambiental. Foram criados três sub-atributos: “Meio Aéreo”, “Meio Aquático” e “Meio Terrestre”. Na ACC também são executadas as comparações par-a-par para estes três sub-atributos.

Abaixo do sub-critério “Meio Aéreo” existem dois sub-atributos, abaixo do “Meio Aquático” também outros dois sub-atributos e abaixo do “Meio Terrestre” existem três outros sub-atributos.

Na ACC, para cada grupo de sub-atributos são realizadas as comparações par-a-par. Isto é, na árvore da Figura 26 são realizadas comparações par-a-par para os sub-atributos abaixo do “Meio Aéreo”, do “Meio Aquático” e do “Meio Terrestre”.

Fonte: Elaboração própria

Figura 26. Seção da árvore de decisão com critério Ambiental e seus sub-atributos

A Figura 27 apresenta a parte da árvore de decisão abaixo do critério Social. Foram criados quatro sub-atributos: “Nível de percepção de conforto”, “Nível de desenvolvimento do IDH Regional”, “Efeitos do desequilíbrio ambiental no meio social” e “Nível de geração de empregos”. Os dois últimos contêm sub-atributos abaixo.

A Figura 28 apresenta a parte da árvore de decisão abaixo do critério Político. Foram criados quatro sub-atributos: “Relação com variação cambial”, “Propriedade do

recurso”, “Apoio governamental” e “Nível de aceitação”. Os três últimos contêm sub-atributos abaixo.

Fonte: Elaboração própria

Figura 27. Seção da árvore de decisão com critério Social e seus sub-atributos

Fonte: Elaboração própria

Figura 28. Seção da árvore de decisão com critério Político e seus sub-atributos

A Figura 29 contém a representação dos recursos energéticos considerados.

Fonte: Elaboração própria

Figura 29. Recursos energéticos considerados

Novamente frisa-se que na ACC são feitas estimativas de todas as alternativas em relação a todos sub-atributos que não têm outros sub-atributos abaixo.

Da Figura 25 tem-se que a parte da árvore referente ao critério Técnico-Econômico tem sete sub-atributos nessa condição, da Figura 26 tem-se que a parte da árvore referente ao critério Ambiental tem sete sub-atributos nessa condição, da Figura 27 tem-se que a parte da árvore referente ao critério Social tem seis sub-

atributos nessa condição e, por fim, da Figura 28 tem-se que a parte da árvore referente ao critério Político tem oito sub-atributos nessa condição.

Considerando a árvore completa têm-se vinte e oito sub-atributos sem outros sub-atributos abaixo.

Nas ACCs realizadas é necessário se valorar cada alternativa em relação a cada um desses vinte e oito sub-atributos. Assim, o total de estimativas de recursos energéticos em relação aos sub-atributos é quinhentos oitenta e oito.

6.2 A ESTIMATIVA DETERMINÍSTICA

A estimativa determinística dos recursos energéticos em relação aos sub-atributos é de fundamental importância para o método de ACC aqui proposto, isso porque a ACC estimada deterministicamente tem na estimativa determinística a essência de sua construção e porque na ACC estimada pelos En-In ela é utilizada pelos Envolvidos-Interessados que usam os dados da valoração como subsídio de informação para a realização da escolha. Isto é, para que os En-In escolham é necessário prover a caracterização dos recursos.

Dentro do escopo dessa dissertação foi desenvolvida a “tabela de valores” que organizou de forma matricial todas as informações necessárias. Porém, os cálculos realizados para se chegar a esses valores foram realizados pela equipe do PIR dentro do projeto FAPESP PIR Araçatuba. Ela tem os sub-atributos organizados nas colunas e os recursos energéticos nas linhas. Ainda foram adicionadas informações sobre a qual critério pertence cada um dos sub-atributos, qual a unidade de medida da valoração dos recursos em relação aos sub-atributos e uma breve explicação do significado de cada um dos sub-atributos e dos recursos energéticos (Tabelas 8 a 11).

Tabela 8. Tabela de valores para o critério Ambiental
Fonte: Elaboração própria

Dimensão	Ambiental	Ambiental	Ambiental	Ambiental	Ambiental	Ambiental	Ambiental
Critério	Menor geração de gases de efeito estufa	Tipo de poluente aéreo gerado	Menor consumo de água	Tipo de efluente gerado	Peso do resíduo gerado por MWh	Menor ocupação do solo	Tipo de resíduo gerado
Unidade	ton GEE / MWh	Tipo	m3 / MWh	Tipo	Kg/MWh	m2 / MW	Tipo
Coletor solar	0	Não há emissão	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Gás natural para cogeração	10	Gases do efeito estufa e Nox	Consumo regular para geração	Fluídos da máquina geradora	Nulo	74	Fugas
Eólica	0	Não há emissão	Nulo	Nulo	Nulo	149241	Nulo
Bagaço de cana para cogeração	0	NOx CO MP	Consumo regular para geração e fugas	Fluídos da máquina geradora	5 kg de cinzas/tc	Nulo	Cinzas
Hidrelétrica	5	Não há emissão	Nulo	Reduzidas volumes de fluídos da máquina geradora	Nulo	210	Nulo
Pico-hidrogeração	0	Não há emissão	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo

PCH	2	Não há emissão	Nulo	Reduzidas volumes de fluídos da máquina geradora	Nulo	170	Nulo
Substituição de lâmpadas	0	Não há emissão	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Arquitetura bioclimática	0	Não há emissão	Fugas esporádicas	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Medidas de informação e educação	0	Não há emissão	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo	Nulo
Termo-acumulação	0	Não há emissão	Fugas regulares no sistema	Fluídos de fugas	Nulo	Nulo	Nulo
Biodiesel para motor combustão interna	0,45	Gases do efeito estufa Nox MP	Fugas regulares no funcionamento	Fluídos da máquina geradora	0,77	400	Sólidos dos filtros
Álcool para motor combustão interna	0	Gases do efeito estufa Nox MP	Fugas regulares no funcionamento	Fluídos da máquina geradora	0,77	400	Sólidos dos filtros
Gasolina para motor combustão interna	0,76	Gases do efeito estufa Sox NOx MP	Fugas regulares no funcionamento	Fluídos da máquina geradora	0,77	400	Sólidos dos filtros
Carvão mineral para térmicas	0,869935	Gases do efeito estufa Nox Sox MP Metais Pesados	Consumo considerável mais fugas regulares	Fluídos da máquina geradora e outros	57	900	Cinzas
Biogás para cogeração	-7,8	Gases do efeito estufa e Nox	Algumas fugas sistêmicas	Fluídos da máquina geradora	Nulo	290	Fugas
Gás natural para motor combustão interna	0,3890256	Gases do efeito estufa e Nox	Fugas regulares no funcionamento	Fluídos da máquina geradora	0,068	400	Sólidos dos filtros
Nuclear	0	Não há emissão	Consumo regular para geração	Efluente radioativo	Irrisório	800	Lixo Radioativo
Diesel para motor combustão interna	0,9	Gases do efeito estufa Nox Sox MP Metais Pesados	Fugas regulares no funcionamento	Fluídos da máquina geradora	0,2	400	Sólidos dos filtros
Célula combustível	0	Não há emissão	Fugas esporádicas	Nulo	Nulo	100	Nulo
Geotérmica	0	H2S	Consumo normal na geração mais fugas regulares	Arsênico, mercúrio ou boro em pequenas quantidades	Nulo	100	Nulo

Tabela 9. Tabela de valores para o critério Social

Fonte: Elaboração própria

Dimensão	Social	Social	Social	Social	Social	Social
Critério	Melhor percepção de conforto	Menores efeitos em edificações	Melhores efeitos na saúde pública	Maior desenvolvimento do IDH regional	Maior geração de empregos durante a construção	Maior geração de empregos durante a operação
Unidade	Descrição	ton SOx / MWh	Descrição	Variação do IDH REGIONAL / MW (%)	n. empregos / MW	n. empregos / MW
Coletor solar	Não há nenhum aspecto visual pois o coletor solar fica longe do alcance de visão dos moradores	Não há emissão de gases da chuva ácida	Nulo	1	55	5
Gás natural para cogeração	Barulho	Não há emissão de gases da chuva ácida	Não detectado	0,1	10	3
Eólica	Problemas com ruídos e paisagem	Não há emissão de gases da chuva ácida	A casos de pessoas que adoeceram com as vibrações dos geradores	0,2	10	2
Bagaço de cana para cogeração	Indiferente	Não há emissão de gases da chuva ácida	Problemas no trato respiratório	Indiferente	10	6
Hidrelétrica	Mudança da paisagem	Não há emissão de gases da chuva ácida	Nulo	2	10	2
Pico-hidrogeração	Indiferente	Não há emissão de gases da chuva ácida	Nulo	Indiferente	30	30
PCH	Mudança de paisagem	Não há emissão de gases da chuva ácida	Nulo	1	10	2
Substituição de lâmpadas	Perda na gama de cores na troca de lâmpadas oque causa desconforto visual	Não há emissão de gases da chuva ácida	Nulo	0,15	Nulo	Nulo
Arquitetura bioclimática	Aprimoramento do uso habitacional	Não há emissão de gases da chuva ácida	Nulo	1	55	Nulo
Medidas de informação e educação	Indiferente	Não há emissão de gases da chuva ácida	Nulo	0,05	10	2
Termo-acumulação	Indiferente	Não há emissão de gases da chuva ácida	Nulo	Indiferente	1	1
Biodiesel para motor combustão interna	Barulho e odores	Neutro	Possíveis problemas no trato respiratório	0,05	5	2
Álcool para motor combustão interna	Barulho e odores	Neutro	Possíveis problemas no trato respiratório	Indiferente	5	2

Gasolina para motor combustão interna	Barulho e odores	0,011	Possíveis problemas no trato respiratório	Nulo	5	2
Carvão mineral para térmicas	Barulho, odores e fuligem	0,015	Consideráveis problemas no trato respiratório	Não valorado	10	2
Biogás para cogeração	Barulho	Não há emissão de gases da chuva ácida	Não detectado	0,2	15	10
Gás natural para motor combustão interna	Barulho e odores	Não há emissão de gases da chuva ácida	Possíveis problemas no trato respiratório	Nulo	5	2
Nuclear	Desconforto por preconceito	Não há emissão de gases da chuva ácida	Câncer	1	10	2
Diesel para motor combustão interna	Barulho e odores	0,0022	Problemas no trato respiratório	Nulo	5	2
Célula combustível	Modificação leve da paisagem	Não há emissão de gases da chuva ácida	Nulo	Não valorado	Não Valorado	Não Valado
Geotérmica	Barulho	Sem medida aparente	H2S pode causar náuseas	Não valorado	4	1,7

Tabela 10. Tabela de valores para o critério Político

Fonte: Elaboração própria

Dimensão	Político	Político	Político	Político	Político	Político	Político	Político
Critério	Menor relação com variação cambial	Localização da fonte do recurso	Propriedade da fonte	Propriedade da tecnologia	Apoio político	Desconto nos impostos	Melhor aceitação da sociedade	Melhor aceitação das entidades privadas
Unidade	Descrição	Local ou Nacional ou Importado	Livre ou Governamental ou Importada	Livre ou Nacional ou Importada	Descrição	Descrição	Descrição	Descrição
Coletor solar	Não afeta	Local	Livre	Nacional	Existem programas de governo	Isenção de impostos e facilidades de financiamento	Economia no gasto mensal de energia	Economia no gasto mensal de energia
Gás natural para cogeração	Afeta	Importado	Privada	Importada	Investimentos Facilitados pelo BNDES	Não há	Indiferente	Eficiência energética e econômica
Eólica	Não afeta	Local	Livre	Nacional	PROINFA	Compra garantida da energia	Certo aproveitamento para poços de água	PROINFA
Bagaço de cana para cogeração	Não afeta	Local	Privado	Nacional	PROINFA	Compra garantida da energia	Melhor aproveitamento dos recursos locais	Eficiência energética e econômica
Hidrelétrica	Não afeta	Local	Governamental	Nacional	Investimentos Facilitados pelo BNDES	Não há	Uso recreativo dos lagos, efeitos na mata ciliar e assoreamento	Oportunidade de negócios

Pico-hidrogeração	Não afeta	Local	Governamental	Nacional	Não há	Não há	Geração de energia sustentável pontual	Indiferente
PCH	Não afeta	Local	Governamental	Nacional	Investimentos Facilitados pelo BNDES	Facilidade na transmissão	Uso recreativo dos lagos, efeitos na mata ciliar e assoreamento	Oportunidade de negócios e possibilidade de créditos de carbono
Substituição de lâmpadas	Não afeta	Nacional/Internacional	Privado	Misto	Não há	Sim, todas distribuidoras devem destinar 0,5% da receita anual bruta para programas de utilização racional da energia	Conservação da energia e redução do consumo	Conservação da energia e redução do consumo
Arquitetura bioclimática	Não afeta	Local	Privado	Misto	Não há	Não há	Conservação da energia e redução do consumo	Conservação da energia e redução do consumo
Medidas de informação e educação	Não afeta	Local/Nacional	Misto	Nacional	PROCEL	sim, todas distribuidoras devem destinar 0,5% da receita anual bruta para programas de utilização racional da energia	Conservação da energia e redução do consumo	Conservação da energia e redução do consumo
Termo-acumulação	Não afeta	Local/Nacional	Privado	Nacional	PROCEL	sim, todas distribuidoras devem destinar 0,5% da receita anual bruta para programas de utilização racional da energia	Conservação da energia e redução do consumo	Eficiência energética e econômica
Biodiesel para motor combustão interna	Não afeta	Local e/ou Nacional	Misto	Nacional	Há programas governamentais	Leilão governamental	Uso de energia para o desenvolvimento limpo	Oportunidade de negócios e possibilidade de carbono zero
Álcool para motor combustão interna	Não afeta	Local	Privado	Nacional	Existem facilidades fiscais	Não há	Uso de energia para o desenvolvimento limpo	Oportunidade de negócios e possibilidade de carbono zero
Gasolina para motor combustão interna	Não afeta	Nacional	Privado	Nacional	Não há	Não há	Combustível não é renovável	Combustível de mercado
Carvão mineral para térmicas	Não afeta	Nacional	Privado	Nacional	Não há	Não há	Combustível não é renovável	Sem valor
Biogás para cogeração	Não afeta	Local	Misto	Misto	Não há	Não há	Otimização do tratamento dos resíduos urbanos	Emissão de créditos de carbono
Gás natural para motor combustão interna	Afeta	Importado	Privado	Nacional	Não há	Não há	Combustível limpo mas não renovável	Combustível limpo e diversificação energética
Nuclear	Não afeta	Nacional	Governamental	Importado	Não há	Não há	Receio de acidentes nucleares	CNPE aprovou Angra III
Diesel para motor combustão interna	Não afeta	Internacional/Nacional	Privado	Nacional	Não há	Não há	Combustível não é renovável	Combustível de mercado
Célula combustível	Não afeta	Internacional	Privado	Importada	Não há	Não há	Energia limpa	Sem valor
Geotérmica	Não afeta	Local	Privado	Importada	Não há	Não há	Energia limpa e renovável	Sem valor

Tabela 11. Tabela de valores para o critério Técnico-Econômico

Fonte: Elaboração própria

Dimensão	Técnico-Econômica	Técnico-Econômica	Técnico-Econômica	Técnico-Econômica	Técnico-Econômica	Técnico-Econômica	Técnico-Econômica
Critério	Custo de energia gerada / economizada	Tempo de recuperação do capital	Confiabilidade do recurso	Tempo para implementação	Vida útil	Facilidade de instalação, operação e manutenção	Custo de instalação
Unidade	R\$ / MWh	Anos	%	tempo (dias/meses/anos)	Anos	R\$ / homem.hora	R\$ / KW
Coletor solar	70	3	70%	7 dias	10	20	2000
Gás natural para cogeração	68	10	75%	1 ano	20	60	1121
Eólica	127	10	25%	2 anos	20	60	1360
Bagaço de cana para cogeração	183	15	50%	1 ano	30	40	1500
Hidrelétrica	80	25	80%	8 anos	50	60	600
Pico-hidrogeração	120	8	90%	3 meses	20	30	1200
PCH	121	10	80%	3 anos	30	60	900
Substituição de lâmpadas	100	0,3 ano	50%	6 meses	3	20	1100
Arquitetura bioclimática	112	10	50%	1 ano	30	60	5000
Medidas de informação e educação	126	0,5	25%	6 meses	1	30	0
Termo-acumulação	140	10	95%	2 meses	20	30	0
Biodiesel para motor combustão interna	329	15	70%	2 anos	30	60	500
Álcool para motor combustão interna	200	15	80%	2 anos	30	60	400
Gasolina para motor combustão interna	210	15	85%	2 anos	30	50	400
Carvão mineral para térmicas	175	20	70%	6 anos	30	50	1500
Biogás para cogeração	126	10	80%	1 ano	25	60	2000
Gás natural para motor combustão interna	180	20	75%	2 anos	30	60	400

Nuclear	64,62	23	85%	15 anos	40	60	2500
Diesel para motor combustão interna	229	20	85%	2 anos	30	50	500
Célula combustível	60	5	95%	1 ano	10	60	5000
Geotérmica	200	10	65%	5 anos	20	60	4000

6.3 A OFICINA COM OS EN-IN DE ARAÇATUBA

Como apresentado no capítulo 5, é objetivo do projeto PIR Araçatuba a capacitação sob a perspectiva energética dos En-In da região. Para tal, diversas oficinas foram realizadas no decorrer dos últimos dois anos.

Estas primeiras oficinas realizadas tiveram o intuito de testar e aprimorar o método de aplicação da ACC. Em cada uma delas a árvore de decisão e as alternativas foram modificadas. Desta forma, nesta dissertação somente a última oficina é utilizada para geração do ranking. A última oficina foi realizada no final de março de dois mil e oito.

Nesta última oficina toda a equipe PIR ministrou diversos treinamentos e ao final das atividades foi aplicado um questionário de escolha baseado na árvore de decisão do item 6.1 desta dissertação. Esta atividade teve dois objetivos principais:

- Realizar a comparação par-a-par entre os sub-atributos para se determinar a prioridade de cada um.
 - Estas prioridades dos sub-atributos são utilizadas na ACC estimada pelos En-In.

- Realizar a escolha dos recursos energéticos em relação aos sub-
atributos.
 - O resultado desta escolha é a parte central da ACC estimada
pelos En-In.
 - A escolha é realizada de posse da “tabela de valores” para que
as decisões sejam embasadas.

A última oficina foi realizada em dois dias no Centro Universitário Unisalesiano em Araçatuba e contou com a participação de diversos estudantes, moradores e entidades da região. A Figura 30 mostra uma foto dos participantes desta oficina.

Figura 30. Oficina com os En-In realizada em Araçatuba em março de 2008

Foi desenvolvida uma planilha Excel de escolha onde os En-In iniciavam o preenchimento durante o treinamento e devido a grande quantidade de escolhas tinham oito dias para terminar e retornar com todas as votações preenchidas. A

emissão do certificado de participação da oficina estava vinculada ao envio dessa planilha de escolha.

6.3.1 Planilha de escolha das comparações par-a-par

A primeira aba da planilha de escolha é para as comparações par-a-par. O En-In deveria preencher o nome e a instituição a qual pertence e iniciar as comparações. No início da planilha foi adicionada uma mensagem de status, que indicava ao votante se havia algum erro, se restava algum preenchimento ou se tudo tinha sido preenchido corretamente. Na Figura 31 pode-se observar parte desta planilha de escolha.

Avaliador												
Instituição												
Há um voto sem resposta - FAVOR CHECAR												
		Absolutamente mais Significativo	Muito mais Significativo	Mais Significativo	Ligeiramente mais Significativo	Indiferente	Ligeiramente e mais Significativo	Mais Significativo	Muito mais Significativo	Absolutamente mais Significativo		
1 - Critérios												
1.1- Dimensão Ambiental												
OK - -	Melhores Efeitos no Meio Aéreo			X							Melhores Efeitos no Meio Aquático	
	Melhores Efeitos no Meio Aquático										Melhores Efeitos no Meio Terrestre	
	Melhores Efeitos no Meio Terrestre										Melhores Efeitos no Meio Terrestre	

Fonte: Elaboração própria

Figura 31. Planilha de escolha das comparações par-a-par com escolhas a responder

Seguindo-se o método PAH do capítulo 4, para o En-In efetuar as comparações par-a-par dos sub-atributos era necessário saber qual sub-critério entre

os dois em comparação era prioritário sob seu ponto de vista, além disso, era necessário estipular-se através de uma escala verbal a intensidade de prioridade do sub-critério em relação ao outro. Então era selecionada a célula através de digitação da letra “X”.

No exemplo da Figura 31 foi realizada a comparação entre o sub-critério “Efeitos no meio aéreo” e “Efeitos no meio aquático”. Escolheu-se que o primeiro é mais prioritário de forma “mais significativa” que o segundo através da marcação “X” na célula correspondente.

Ainda na Figura 31 nota-se pela mensagem de status que ao menos uma das comparações ainda não foi efetuada. A Figura 32 mostra o exemplo quando são dadas duas notas na mesma comparação e, por fim, na Figura 33 tem-se o exemplo quando toda a planilha de comparação par-a-par dos sub-atributos foi realizada corretamente.

Avaliador												
Instituição												
Há um voto sem resposta e pelo menos um voto com d												
		Absolutamente mais Significativo	Muito mais Significativo	Mais Significativo	Ligeiramente mais Significativo	Indiferente	Ligeiramente e mais Significativo	Mais Significativo	Muito mais Significativo	Absolutamente mais Significativo		
1 - Critérios												
1.1- Dimensão Ambiental												
ERRO	Melhores Efeitos no Meio Aéreo			X				X			Melhores Efeitos no Meio Aquático	
OK	Melhores Efeitos no Meio Aquático		X								Melhores Efeitos no Meio Terrestre	
OK	Melhores Efeitos no Meio Aéreo			X							Melhores Efeitos no Meio Terrestre	

Fonte: Elaboração própria

Figura 32. Planilha de escolha das comparações par-a-par com escolhas duplicadas

Avaliador										
Instituição										
Tudo está OK										
	Absolutamente mais Significativo	Muito mais Significativo	Mais Significativo	Ligeiramente mais Significativo	Indiferente	Ligeiramente e mais Significativo	Mais Significativo	Muito mais Significativo	Absolutamente mais Significativo	
1 - Critérios										
1.1- Dimensão Ambiental										
OK	Melhores Efeitos no Meio Aéreo		X							Melhores Efeitos no Meio Aquático
OK	Melhores Efeitos no Meio Aquático	X								Melhores Efeitos no Meio Terrestre
OK	Melhores Efeitos no Meio Aéreo		X							Melhores Efeitos no Meio Terrestre

Fonte: Elaboração própria

Figura 33. Planilha de escolha das comparações par-a-par preenchida corretamente

6.3.2 Planilha de escolha dos recursos energéticos

Na segunda aba da planilha de escolha devem-se dar as notas dos recursos energéticos em relação aos sub-atributos. A estrutura desta planilha de escolha é muito parecida com a “tabela de valores” do item 6.2 porém, como esta escolha será utilizada na ACC estimada pelos En-In, as opções de escolha são “péssimo”, “regular”, “bom”, “muito bom” e “excelente”.

Relembra-se que para a escolha é imprescindível a utilização da “tabela de valores” preenchida. O En-In deve utilizá-la e de acordo com sua opção escolher a nota de um recurso energético. Assim como a planilha de escolha das comparações par-a-par, eles tiveram que votar e enviar por e-mail em até oito dias após a oficina.

Como exemplo, podem ser citadas as notas emitidas para o sub-critério “Custo de Instalação – R\$/MW” em relação aos recursos “Gás natural para cogeração” e “Eólica”. Da “tabela de valores” sabe-se que este custo de instalação para o “Gás natural para cogeração” é R\$1.121/MW enquanto que para o “Eólico” é R\$1.360/MW.

Um En-In pode dar a nota “muito bom” para os dois recursos em relação a este sub-critério pois acredita que esta diferença não é significativa o suficiente. Porém, para outro En-In esta diferença pode ser significativa e ele pode dar a nota “muito bom” para o “Gás natural para cogeração” e dar a nota “bom” para o “Eólico”. É justamente essa percepção dos En-In que a ACC estimada qualitativamente captura.

A estrutura da planilha de escolha dos recursos energéticos tem os mesmos elementos da planilha de escolha das comparações par-a-par. Há o campo para preenchimento do nome e da instituição a qual o En-In pertence, há a linha de status que indica se falta alguma escolha ser preenchido ou se está tudo correto e o campo de escolha, sendo que os sub-atributos estão dispostos nas colunas e os recursos energéticos nas linhas. A Figura 34 apresenta parte desta planilha.

Avaliador

Instituição

Há algum voto a ser preenchido - FAVOR CHECAR

	Ambiental						
	Melhores Efeitos no Meio Aéreo		Melhores Efeitos no Meio Aquático		Melhores Efeitos no Meio Terrestre		
Recurso Energético	Menor Geração de Gases do Efeito Estufa	Tipo de Poluente Aéreo Gerado	Menor Consumo de Água	Tipo de Efluente Gerado	Peso do Resíduo gerado por MWh	Menor Ocupação do Solo	Tipo de Resíduo Gerado
Coletores Solares	Regular	Regular					
Gás Natural para Cogeração	Regular	Bom					
Eólica	Bom						
Bagaço de Cana para Cogeração	Regular						
Hidrogeração (Hidrelétrica Gde)	Péssimo						
Hidrogeração (pico geração)	Bom						

Fonte: Elaboração própria

Figura 34. Planilha de escolha dos recursos energéticos

Para se evitar que o En-In dê uma nota que não é a padronizada, a planilha é feita de maneira a ficar travada e só permitir a utilização do menu que seleciona uma das opções padrões. Tal funcionalidade está exemplificada na Figura 35.

Recurso Energético	Menor Geração de Gases do Efeito Estufa	Tipo de Poluente Aéreo Gerado
Coletores Solares	Regular	Regular
Gás Natural para Cogeração	<div> Selecione Péssimo Regular Bom Muito Bom Excelente </div>	Bom
Eólica	Bom	

Fonte: Elaboração própria

Figura 35. Planilha de escolha dos recursos energéticos com menu de seleção

6.4 ACC ESTIMADA DETERMINISTICAMENTE NO PIR ARAÇATUBA

6.4.1 Pesos dos sub-atributos na ACC estimada deterministicamente

O primeiro passo na confecção da ACC estimada deterministicamente é encontrar os pesos de cada um dos sub-atributos. Nessa dissertação é estipulado que o cálculo destes pesos é baseado na valoração qualitativa pelos ditos “especialistas”, que para o projeto PIR Araçatuba são os membros da equipe.

O fato de se utilizar na estimativa determinística opiniões qualitativas dos especialistas pode parecer a princípio paradoxal, a justificativa deste fato é que não faz sentido calcular um valor determinístico de um sub-atributo em relação a outro

sub-atributo (Exemplo: não faz sentido calcular um valor numérico do sub-critério “Menor consumo de água” em relação ao sub-critério “Meio aquático”). Por conta disto estipula-se como peso dos sub-atributos na ACC determinística o resultado das comparações par-a-par realizada pelos especialistas. Só há sentido na nota determinística quando se valora um recurso em relação a um sub-atributo (Exemplo: valorar deterministicamente o recurso “Eólico” em relação ao sub-critério “Menor consumo de água”).

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
 Figura 36. Árvore de decisão parcial inserida no DL

Assim, os especialistas preencheram a planilha de escolha das comparações par-a-par do item 6.3.1. Após a inserção desses valores no DL, o programa calcula os pesos dos sub-atributos baseado na teoria do capítulo 4. Logo, tem-se a árvore de decisão com os pesos de todos os sub-atributos determinados, restando apenas

inserir os valores dos recursos em relação aos sub-atributos mais baixos e a determinação do *ranking* de recursos¹⁴.

A Figura 36 apresenta parte da árvore dentro do DL, a Figura 37 mostra a tela do DL com um exemplo de comparação par-a-par inserida.

The screenshot shows the DL software interface. On the left is a sidebar with a decision tree. The main area is titled 'Pairwise Comparison' and displays a comparison between 'Custo de Energia Gerada / Economizada' and 'Tempo de Recuperação do Capital'. The interface includes a 'Process Tip' section, a 'Keypads Active' section, and a 'Pairwise Comparison' section with a grid for entering judgments. The bottom status bar shows 'Showing Comparison: 1 of 21', 'Geometric Variance: 1,00', and 'Group Average: 7,00'.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 37. Exemplo de comparação par-a-par inserida no DL

Para melhor visualização, da Figura 38 a Figura 42 apresenta-se a árvore de decisão para a ACC estimada deterministicamente com os pesos dos sub-atributos já calculados.

¹⁴ Ressalta-se que “sub-atributos mais baixos” devem ser entendidos como aqueles sub-atributos que não possuem outros sub-atributos abaixo na árvore de decisão. Exemplo: O sub-critério “Meio aquático” não é um “sub-critério mais baixo” pois existe o sub-critério “Nível de consumo de água” abaixo dele. Já este último sub-critério citado não possui nenhum sub-critério abaixo na árvore de decisão, logo ele é considerado do tipo “mais baixo”.

Fonte: Elaboração própria

Figura 38. Árvore de decisão parcial para a meta ACC Araçatuba com pesos dos dimensões principais¹⁵

Fonte: Elaboração própria

Figura 39. Árvore de decisão parcial para dimensão Técnico-Econômico com pesos dos sub-atributos para ACC estimada deterministicamente

¹⁵ Relembra-se que por definição do PIR as dimensões principais têm pesos iguais, isto é, 25%.

Fonte: Elaboração própria

Figura 40. Árvore de decisão parcial para dimensão Ambiental com pesos dos sub-atributos para ACC estimada deterministicamente

Fonte: Elaboração própria

Figura 41. Árvore de decisão parcial para dimensão Social com pesos dos sub-atributos para ACC estimada deterministicamente

Fonte: Elaboração própria

Figura 42. Árvore de decisão parcial para dimensão Política com pesos dos sub-atributos para ACC estimada deterministicamente

Todas as comparações tiveram RC menor que 10% e desta forma podem ser consideradas consistentes.

6.4.2 Confecção dos ratings

Como mencionado anteriormente, para o cálculo dos *ratings* na valoração determinística são utilizados os valores presentes na “tabela de valores”¹⁶. O método que se utiliza nesta dissertação para uso do *ratings* na valoração determinística pode ser resumido nos tópicos a seguir:

¹⁶ Ver item 6.2

- Para cada sub-atributo mais baixo da árvore de decisão estipula-se um valor limite inferior e um valor limite superior que corresponde ao valor zero e ao valor um na nova escala.
- Utiliza-se uma função do primeiro grau (reta) para os dados intermediários.
- A escala gerada pode ser do tipo contínua ou discreta.
- Normalizam-se os dados da “tabela de valores” nessa nova escala gerada.

Para ilustrar o método acima tomemos como exemplo o sub-critério mais baixo “vida útil”. Estipula-se que o limite inferior da escala (zero na nova escala) corresponde a “1 ano” e que o limite superior da escala (um na nova escala) corresponde a “50 anos”. Assim o DL faz a conversão dos valores de vida útil de todos os recursos para essa nova escala. A Figura 43 apresenta esse *rating*.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
 Figura 43. Inserção de *rating* contínuo no DL

Para se exemplificar a construção de um *rating* discreto tem-se o sub-critério mais baixo “Localização da fonte do recurso”. Estipula-se que a opção “Livre” equivale a 1, a opção “Governamental” equivale a 0.5 e que a opção “Privado” equivale a 0. Na Figura 44 tem-se essa inserção de *rating* no DL.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 44. Inserção de *rating* discreto no DL

Reitera-se que a determinação do *rating* propriamente dito (determinação dos valores inferiores e superiores das escalas) foi realizada por toda a equipe PIR (especialistas), o escopo desta dissertação é somente explicar o conceito de *rating* e também prover um método de criá-lo e considerá-lo, além de inseri-lo dentro do DL.

Na Tabela 12 encontram-se os *ratings* da ACC determinística para cada um dos sub-atributos mais baixos da árvore de decisão.

Tabela 12. Ratings para a ACC determinística
Fonte: Elaboração Própria

Sub-atributo	Tipo	Escala do Rating
Nível de geração de gases de efeito estufa	Contínuo	Limite Inferior = 10 e Limite Superior = 0 (ton GEE / MWh)
Tipo de poluente aéreo gerado	Discreto	0 = (GEE + NOx + SOx + MP + Metais Pesados); 0,25 = outros; 0,50 = NOx + CO + MP; 0,75 = GEE + NOx; 1 = Não há.
Nível de consumo de água	Discreto	0 = Consumo Considerável; 0,25 = Consumo Normal / Regular; 0,50 = Fugas Regulares; 0,75 = Fugas Esporádicas; 1 = Nulo.
Tipo de efluente gerado	Discreto	0 = Radioativo; 0,25 = Metais Pesados; 0,50 = Fluidos de Maq. Geradoras; 0,75 = Pouco Fluido de Maq. Ger. Ou Fluido Fuga; 1 = Nulo.
Peso do resíduo gerado por MWh	Contínuo	Limite Inferior = 57 e Limite Superior = 0 (Kg / MWh)
Ocupação do solo	Contínuo	Limite Inferior = 1000 e Limite Superior = 0 (m2 / MW)
Tipo de resíduo gerado	Discreto	0 = Radioativo; 0,5 = Sólido dos filtros ou Fugas; 0,75 = Cinzas; 1 = Nulo
Nível de percepção de conforto	Discreto	0,25 = Altera Ruído e Paisagem; 0,50 = Preconceito ou Ruído com odor ou Altera paisagem; 0,75 = Somente ruído; 1 = Nulo ou Melhora das habitações
Efeitos em edificações	Contínuo	Limite Inferior = 0,02 e Limite Superior = 0 (ton SOx / MWh)
Efeitos na saúde pública	Discreto	0 = Cancer; 0,25 = Sistema respiratório; 0,50 = Nauseas ou Problemas com vibrações geradas; 1 = Nulo
Nível de desenvolvimento do IDH regional	Contínuo	Limite Inferior = 0 e Limite Superior = 2 (Variação do IDH regional / MW (%))
Nível de geração de empregos durante a construção	Contínuo	Limite Inferior = 0 e Limite Superior = 60 (n.empregos / MW)
Nível de geração de empregos durante a operação	Contínuo	Limite Inferior = 0 e Limite Superior = 30 (n.empregos / MW)
Nível de relação com variação cambial	Discreto	0 = Afeta; 1 = Não afeta
Localização da fonte do recurso	Discreto	0 = Importado; 0,25 = Importado / Nacional; 0,50 = Nacional; 0,75 = Nacional / Local; 1 = Local
Propriedade da fonte	Discreto	0,25 = Privado; 0,50 = Misto; 0,75 = Governamental; 1 = Livre
Propriedade da tecnologia	Discreto	0 = Importada; 0,5 = Mista; 1 = Nacional
Apoio político	Discreto	0 = Não há; 0,5 = Facilidades requeríveis; 1 = Programas estabelecidos
Desconto nos impostos	Discreto	0 = Não há; 0,5 = Leilão Gov. ou Facilidades na transmissão; 0,75 = Compra de energia garantida; 1 = Há descontos estabelecidos
Nível de aceitação da sociedade	Discreto	0 = Fortes aspectos negativos; 0,25 = Aspectos negativos; 0,50 = Indiferente; 0,75 = Aspectos positivos; 1 = Fortes aspectos positivos
Nível de aceitação das entidades privadas	Discreto	0 = Fortes aspectos negativos; 0,25 = Aspectos negativos; 0,50 = Indiferente; 0,75 = Aspectos positivos; 1 = Fortes aspectos positivos
Custo de energia gerada / economizada	Contínuo	Limite Inferior = 400 e Limite Superior = 0 (R\$/MWh)
Tempo de recuperação do capital	Contínuo	Limite Inferior = 30 e Limite Superior = 0 (Anos)
Confiabilidade do recurso	Contínuo	Limite Inferior = 0 e Limite Superior = 100 (%)
Tempo para implementação	Contínuo	Limite Inferior = 15 e Limite Superior = 0 (Anos)
Vida útil	Contínuo	Limite Inferior = 0 e Limite Superior = 50 (Anos)
Facilidade de instalação, operação e manutenção	Contínuo	Limite Inferior = 80 e Limite Superior = 1 (R\$ / homem.hora)
Custo de instalação	Contínuo	Limite Inferior = 5000 e Limite Superior = 0 (R\$/KW)

Para a construção dos *ratings* dentro do DL deve-se ir ao menu “*Build Rating Scales*”, clicar em “*Add Ratings*” dentro do sub-critério em questão e escolher se o *rating* é contínuo ou discreto. Se o *rating* for contínuo basta adicionar dois valores, o que representa o valor “zero” na nova escala e o que representa o valor “um” na nova escala. Se o *rating* for discreto deve-se relacionar cada nota discreta a um valor na nova escala. As figuras 43 a 45 representam os passos aqui descritos.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)
 Figura 45. Tela do DL de criação de escala de *rating*

Após a confecção de todos os *ratings* deve-se inserir as notas da “tabela de valores” dentro do DL utilizando-se destas escalas criadas. Isto é, em cada sub-critério mais baixo da árvore de decisão e para cada recurso há uma nota.

6.4.3 Resultados

Após a inserção da “tabela de valores” seguindo os *ratings* criados pode-se gerar o *ranking* de energéticos para a ACC estimada deterministicamente. Como já mencionado esse *ranking* considera as notas determinísticas dos recursos energéticos em relação aos sub-atributos mais baixos da árvore de decisão além da comparação par-a-par dos sub-atributos entre si, realizada pelos especialistas.

Do *ranking* da figura 46 se pode observar que o recurso mais prioritário na ACC estimada deterministicamente é o “Coletor solar” enquanto que o menos prioritário é o recurso “Carvão mineral para térmicas”. Pode-se ainda observar que os recursos de demanda obtiveram boa posição ficando na metade mais alta do *ranking*. Por outro lado, os recursos de oferta provenientes de fontes não renováveis tiveram em geral posição ruim no *ranking*.

Ressalta-se que nenhum dos recursos deve ser escolhido ou removido. Primeiramente porque o PIR preconiza a utilização de uma carteira de vários recursos energéticos e em seguida porque esse *ranking* serve apenas de balizador para o PIR completo, que ainda levará em consideração aspectos geográficos, temporais, a própria disponibilidade máxima do recurso em questão, entre outros [1].

Ratings Scoresheet		
Select User <input type="text" value="Group"/>		
Order	Alternatives	Score
1	Coletores Solares	0,848
2	Medidas de Informação e Educação	0,813
3	Hidrogeração (pico geração)	0,797
4	Termo-Acumulação	0,785
5	Substituição de Lâmpadas	0,773
6	Hidrogeração (PCH's)	0,732
7	Hidrogeração (Hidrelétrica Gde)	0,713
8	Arquitetura Bio-climática	0,712
9	Eólica	0,698
10	Biogás para Cogeração	0,640
11	Célula Combustível	0,622
12	Bagaco de Cana para Cogeração	0,596
13	Biodiesel para Motor Comb. Int.	0,522
14	Álcool para Motor Comb. Int.	0,517
15	Gás Natural para Cogeração	0,514
16	Geo-térmica	0,511
17	Diesel para Motor Comb. Int.	0,456
18	Gasolina para Motor Comb. Int.	0,451
19	Gás Natural para Motor Comb. Int.	0,412
20	Nuclear	0,393
21	Carvão Mineral para Térmicas	0,380

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 46. *Ranking* dos recursos energéticos gerado pelo DL para a ACC estimada deterministicamente

6.4.4 Análise de sensibilidade

É importante ser realizada uma análise de sensibilidade para se observar o quão robusto é o *ranking* gerado. Com isso pode-se simular através do DL situações diversas observando a alteração no resultado. No programa é possível alterar os pesos dos atributos e sub-atributos apenas com o arrastar do mouse e em tempo real observar o novo *ranking* gerado.

Neste trabalho opta-se pela análise de sensibilidade apenas dos atributos mais altos da árvore de decisão pois, desta forma, pode-se simular interesses de setores específicos dos grupos de En-In como foco no aspecto Técnico-Econômico para um En-In que visa predominantemente a questão comercial ou como foco no aspecto Ambiental, que pode refletir os interesses de ONGs.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 47. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada deterministicamente com a dimensão Técnico-Econômico priorizado

Na Figura 47 tem-se a análise de sensibilidade para ACC estimada deterministicamente onde a dimensão Técnico-Econômico está priorizado com 75% do peso e os outros atributos dividem os outros 25%. O recurso "Termo-acumulação" sai do quarto lugar indo para o primeiro, isso porque os outros três recursos tiveram o peso diminuído. Porém, a divisão geral continua similar ao *ranking* original pois os

recursos de demanda continuam na parte de cima do *ranking* e os recursos de oferta com fonte não renovável na parte baixa do *ranking*.

Na Figura 48 tem-se a análise de sensibilidade para ACC estimada deterministicamente onde a dimensão Ambiental está priorizado com 75% do peso e os outros atributos dividem os outros 25%. Nessa análise observa-se pouca alteração no *ranking*, o recurso “Coletor solar” continua como o mais prioritário com uma nota muito elevada. Os recursos de demanda continuam com um *ranking* muito bom. Destaca-se que o recurso “Eólico” e “Célula Combustível” subiram consideravelmente neste *ranking* que preconiza a dimensão Ambiental. Por outro lado, o recurso “Hidrelétrica de grande porte” saiu para parte mais alta do *ranking*.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 48. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada deterministicamente com a dimensão Ambiental priorizado

Na Figura 49 tem-se a análise de sensibilidade para ACC estimada deterministicamente onde a dimensão Social está priorizado com 75% do peso e os outros atributos dividem os outros 25%. Em linhas gerais os recursos mais prioritários se mantêm em relação ao *ranking* original, porém há algumas alterações entre eles como o recurso de “Hidrelétrica – pico geração” que fica como mais prioritário.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 49. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada deterministicamente com a dimensão Social priorizado

Na Figura 50 tem-se a análise de sensibilidade para ACC estimada deterministicamente onde a dimensão Política está priorizado com 75% do peso e os outros atributos dividem os outros 25%. Para esta análise observam-se algumas

mudanças de recursos, têm-se as “Medidas de informação e educação” indo para a primeira opção deixando o “Coletor solar” na segunda posição. Observa-se ainda um forte aumento dos recursos “Eólico” e “Bagaço de cana para cogeração”. O recurso “Biodiesel para motores de combustão interna” aparece na parte superior do *ranking* enquanto “Hidrogeração de grande porte” e “Eólica” vão para a parte mais baixa do *ranking*.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 50. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada deterministicamente com a dimensão Política priorizado

6.5 ACC ESTIMADA PELOS EN-IN NO PIR ARAÇATUBA

6.5.1 Pesos dos sub-atributos na ACC estimada pelos En-In

Analogamente ao item 6.4.1 tem-se aqui o cálculo dos pesos dos sub-atributos, porém, relacionado a ACC estimada pelos En-In do PIR Araçatuba. Para tal, os En-In que participaram da oficina completa completaram a planilha de escolha das comparações par-a-par do item 6.3.1. Os dados foram sistematizados no DL e o programa calculou os pesos dos sub-atributos baseado na teoria do PAH¹⁷. Como mencionado no item 6.4 os pesos dos sub-atributos podem ser diferentes nas duas ACCs pois os votantes dos sub-atributos na ACC estimada deterministicamente são os especialistas enquanto que na ACC estimada pelos En-In, são os En-In.

A Figura 51 apresenta a tela do DL com um dos gráficos de prioridades dos sub-atributos que ele fornece. Já a Figura 52 mostra parte da árvore de decisão com os pesos finais dos sub-atributos na ACC estimada pelos En-In.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 51. Gráfico de prioridades do sub-critério Social dentro do DL

¹⁷ Capítulo 4.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 52. Árvore de decisão parcial com os pesos dos sub-atributos dentro do DL

Já as figuras 53 a 57 apresentam a árvore de decisão para a ACC estimada pelos En-In com os pesos dos sub-atributos já calculados.

Fonte: Elaboração própria

Figura 53. Árvore de decisão parcial para a meta ACC Araçatuba com pesos dos atributos principais

Fonte: Elaboração própria

Figura 54. Árvore de decisão parcial para critério Técnico-Econômico com pesos dos sub-atributos para ACC estimada pelos En-In

Fonte: Elaboração própria

Figura 55. Árvore de decisão parcial para critério Ambiental com pesos dos sub-atributos para ACC estimada pelos En-In

Fonte: Elaboração própria

Figura 56. Árvore de decisão parcial para critério Social com pesos dos sub-atributos para ACC estimada pelos En-In

Fonte: Elaboração própria

Figura 57. Árvore de decisão parcial para critério Político com pesos dos sub-atributos para ACC estimada pelos En-In

Todas as comparações tiveram RC menor que 10% e desta forma podem ser consideradas consistentes.

No item 6.6.1 há a comparação entre os resultados dos pesos dos sub-atributos das duas ACCs.

6.5.2 Confeção dos *ratings*

Os *ratings* dentro da ACC estimada pelos En-In são os mesmos para todos os sub-atributos mais baixos. Eles são sempre discretos e têm as seguintes opções:

- Péssimo: Valor numérico 0.
- Regular: Valor numérico 0,25.
- Bom: Valor numéricos 0,50.
- Muito Bom: Valor numérico 0,75.
- Excelente: Valor numérico 1.

O processo de inserção dos *ratings* é idêntico ao descrito no item 6.4.2. Na Figura 58 pode-se observar o *rating* construído.

Para se chegar ao *ranking* desta ACC deve-se considerar a opção, isto é, as escolhas, de todos os En-In considerados. Para tal, utiliza-se a planilha eletrônica de escolha¹⁸ onde os En-In selecionam na própria planilha a nota atribuída. Após isso, o programa DL consegue importar de forma automática a escolha de todos os En-In, gerando assim o *ranking* da ACC estimada pelos En-In facilmente.

¹⁸ Itens 6.3.1 e 6.3.2

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 58. Criação de *rating* discreto para ACC estimada pelos En-In

6.5.3 Resultados

O *ranking* gerado pelo DL na ACC estimada pelos En-In pode ser observado na Figura 59.

Ratings Scoresheet		
Select User <input type="text" value="Group"/>		
Order	Alternatives	Score
1	Coletores Solares	0,688
2	Medidas de Informação e Educação	0,643
3	Hidrogeração (pico geração)	0,623
4	Termo-Acumulação	0,612
5	Substituição de Lâmpadas	0,607
6	Arquitetura Bio-climática	0,604
7	Hidrogeração (PCH's)	0,589
8	Eólica	0,583
9	Hidrogeração (Hidrelétrica Gde)	0,582
10	Célula Combustível	0,551
11	Biogás para Cogeração	0,519
12	Bagaço de Cana para Cogeração	0,511
13	Biodiesel para Motor Comb. Int.	0,492
14	Geo-térmica	0,490
15	Álcool para Motor Comb. Int.	0,485
16	Nuclear	0,460
17	Gás Natural para Cogeração	0,446
18	Gás Natural para Motor Comb. Int.	0,440
19	Diesel para Motor Comb. Int.	0,424
20	Gasolina para Motor Comb. Int.	0,414
21	Carvão Mineral para Térmicas	0,392

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 59. *Ranking* dos recursos energéticos gerado pelo DL para a ACC estimada pelos En-In

Do *ranking* acima se pode observar que o recurso prioritário nesta ACC é o “Coletor solar” enquanto que o menos prioritário é o recurso “Carvão mineral para térmicas”. Na parte superior do *ranking* têm-se os recursos de demanda e os de oferta que utilizam fontes renováveis, na parte inferior têm-se especialmente os recursos de oferta que utilizam fontes não-renováveis. Vale destacar os recursos “Célula combustível” e “Nuclear” que estão em partes relativamente altas do *ranking*. Outro

ponto a se notar são os recursos que utilizam gás natural na parte final do *ranking*, com uma classificação ruim, pior inclusive que o recurso “Nuclear”. A comparação dos resultados dos dois *rankings* é realizada no item 6.6.

6.5.4 Análise de sensibilidade

Analogamente ao item 6.4.4 faz-se aqui a análise de sensibilidade da ACC estimada pelos En-In para se observar o quão robusto é o *ranking* gerado.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 60. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada pelos En-In com a dimensão Técnico-Econômico priorizado

Na Figura 60 tem-se a análise de sensibilidade para ACC estimada pelos En-In onde a dimensão Técnico-Econômico está priorizado com 75% do peso e os outros

atributos dividem os outros 25%. Não há nessa análise significativa mudança em relação ao *ranking* original, observa-se apenas uma melhora no *ranking* do recurso “Célula combustível” e uma queda do recurso “Medidas de informação e educação”.

Na Figura 61 tem-se a análise de sensibilidade para ACC estimada pelos En-In onde a dimensão Ambiental está priorizado com 75% do peso e os outros atributos dividem os outros 25%. Também não é observada forte variação nessa análise de sensibilidade, o primeiro e segundo recurso do *ranking* são os mesmos do *ranking* original. Nota-se apenas uma ligeira queda do recurso “Hidrogeração – pico geração” e uma subida do recurso “Eólico”.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 61. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada pelos En-In com a dimensão Ambiental priorizado

Na Figura 62 tem-se a análise de sensibilidade para ACC estimada pelos En-In onde a dimensão Social está priorizado com 75% do peso e os outros atributos dividem os outros 25%. Novamente não há grande alteração no *ranking* gerado, apenas uma leve movimentação entre as alternativas. As maiores variações ocorrem no recurso “Hidrogeração de grande porte” que melhora sua posição e os recursos “Termo-acumulação” e “Substituição de lâmpadas” que pioram levemente de posição.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 62. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada pelos En-In com a dimensão Social priorizado

Por fim, na Figura 63 tem-se a análise de sensibilidade para ACC estimada pelos En-In onde a dimensão Política está priorizado com 75% do peso e os outros atributos dividem os outros 25%. São notadas algumas modificações no *ranking* para

esta análise de sensibilidade. A maior alteração é o recurso “Bagaço de cana para cogeração” que tem uma forte alta, indo da décima segunda posição para o quinto lugar no *ranking*. Tem-se também uma leve subida do recurso “Eólico” e a saída do recurso “Arquitetura bio-climática” do bloco superior dos recursos. Também há a queda do recurso “Hidrogeração – pico geração” da terceira posição para a nona posição.

Fonte: Elaboração própria a partir de (Programa DL, 2008)

Figura 63. Gráfico de sensibilidade do DL para a ACC estimada pelos En-In com a dimensão Política priorizado

6.6 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DAS ACC

6.6.1 Comparação dos pesos dos sub-atributos

Neste item apresenta-se a árvore de decisão dos sub-atributos com os pesos relativos as duas ACCs. Para cada ramo dos quatro grandes atributos da árvore são feitos comentários das diferenças. Não se pretende aqui julgar qual peso é o mais correto ou menos indicado, pretende-se apenas apontar estas diferenças. Porém, como a premissa do PIR é considerar a opção dos Envolvidos-Interessados, percebe-se como as decisões são particulares quando apenas os especialistas são inseridos na tomada de decisão. As diferenças entre os pesos nas duas ACCs podem afetar de forma significativa o resultado do *ranking* final de recursos energéticos pois vale lembrar que as notas mais baixas dos recursos em relação aos sub-atributos são multiplicadas pelos pesos dos sub-atributos até se chegar ao *ranking* consolidado da meta, que no caso deste trabalho é a ACC para os RELOs e RELDs de Araçatuba¹⁹.

Na Figura 64 tem-se a primeira parte da árvore, com os atributos principais. Como já esperados, os pesos são os mesmos tanto para a ACC estimada deterministicamente quanto para a ACC estimada pelos En-In.

¹⁹ Ver capítulo 4 – Processo Analítico Hierárquico – PAH.

Fonte: Elaboração própria

Figura 64. Árvore de decisão parcial para a meta ACC Araçatuba com os pesos das dimensões das duas ACCs

Na Figura 65 tem-se o ramo Técnico-Econômico da árvore de decisão. Pode-se notar que em ambas ACCs o sub-critério mais importante é o “Custo de energia gerada / economizada”, porém, com um percentual maior para a ACC determinística. Outro ponto de destaque é o sub-critério “Custo de instalação” pois na ACC estimada deterministicamente (isto é, aquela que os especialistas fizeram a comparação par-a-par) o peso foi consideravelmente maior que na ACC estimada pelos En-In. Se observarmos os sub-atributos “Confiabilidade do recurso”, “Tempo para implementação” e “Vida útil” nota-se que eles receberam pesos maiores na ACC estimada pelos En-In.

Analisando de modo geral os pesos pode-se concluir que foi dada maior prioridade nos sub-atributos cujas unidades são monetárias para a ACC estimada deterministicamente. Assim, mais uma vez comprova-se a necessidade de consideração das opções dos En-In.

Fonte: Elaboração própria

Figura 65. Árvore de decisão parcial para o sub-critério Técnico-Econômico com os pesos dos sub-atributos das duas ACCs

Na Figura 66 tem-se o ramo Ambiental da árvore completa. No primeiro nível de sub-atributos deste ramo destaca-se o fato do “Meio aquático” ter um peso maior na ACC estimada deterministicamente. Nesta ACC o “Meio aquático” é disparado o sub-critério mais importante, com 52,7% do total. Já na ACC estimada pelos En-In tem-se que os sub-atributos “Meio aéreo” e “Meio aquático” têm praticamente o mesmo peso.

Nos sub-atributos mais baixos relacionados ao “Meio aéreo” nota-se uma inversão de pesos nas duas ACCs. Na estimada deterministicamente o “Tipo de poluente aéreo gerado” é significativamente mais importante que o “Nível de gases de efeito estufa gerados”. Na outra ACC acontece justamente o inverso. Para se justificar esta diferença pode-se especular que os En-In estão mais preocupados e / ou influenciados pelo aquecimento global.

Nos sub-atributos mais baixos relacionados ao “Meio aquático” tem-se que para os especialistas o “Tipo de efluente gerado” é mais importante que o “Consumo de água”. Já para os En-In, os dois sub-atributos têm praticamente o mesmo peso.

Por fim, nos sub-atributos mais baixos relacionados ao “Meio terrestre” a diferença mais significativa está no “Peso do resíduo gerado por MWh”, sendo que o peso recebido na ACC estimada pelos En-In é mais que o dobro que a recebida na outra ACC. Em contrapartida, os especialistas deram um peso 8,7% maior no sub-critério “Menor ocupação do solo”. Isto é, os En-In estão mais preocupados com o peso dos resíduos e os especialistas com a área ocupada.

Fonte: Elaboração própria

Figura 66. Árvore de decisão parcial para o sub-critério Ambiental com os pesos dos sub-atributos das duas ACCs

Já na Figura 67 tem-se o ramo Social da árvore de decisão. Em seu primeiro nível de sub-atributos percebe-se que não houve grandes diferenças entre as duas ACC's. Nas duas o “Efeito do desequilíbrio ambiental no meio social” apareceu como

mais prioritário e a “Nível de percepção de conforto” como o menos prioritário. Houve uma inversão no segundo e terceiro sub-atributos mais prioritários quando se analisa as duas ACCs. Na ACC estimada deterministicamente a “Nível de geração de empregos” é o segundo sub-critério mais importante enquanto que na ACC estimada pelos En-In é o “Maior desenvolvimento do IDH regional”.

Observando as porcentagens é possível se fazer outra análise pois o item “Nível de geração de empregos” recebeu quase o mesmo peso nas duas ACCs porém no item “Nível de desenvolvimento do IDH regional” a ACC estimada deterministicamente perdeu importância para o item “Efeitos do desequilíbrio ambiental no meio social” pois os cerca de 10% de diferença entre as estimativas do item sobre o IDH são os mesmos 10% do item sobre os efeitos do desequilíbrio ambiental no meio social.

Fonte: Elaboração própria

Figura 67. Árvore de decisão parcial para o sub-critério Social com os pesos dos sub-atributos das duas ACCs

Comparando-se o segundo nível de sub-atributos percebe-se que a ordem de prioridades foi a mesma nas duas ACCs e que a diferença numérica entre elas existiu porém não de forma expressiva.

Por fim, tem-se na Figura 68 o ramo Político da árvore de decisão e em seu primeiro nível de sub-atributos pode-se notar que os quatro sub-atributos saíram razoavelmente equilibrados (isto é, próximo de 25%) nas duas ACCs, com uma variação máxima de 5,4% no item “Propriedade do recurso” para a ACC estimada deterministicamente. Como destaque pode-se citar que o sub-critério “Nível de relação com a variação cambial” foi mais significativo para os especialistas (ACC estimada deterministicamente) e a “Propriedade do recurso” para os En-In.

Já quando se observa o segundo nível de sub-atributos nota-se em relação a “Propriedade do recurso” que os especialistas dão mais importância à localização do recurso que os En-In. No outro sentido, os En-In dão mais importância à “Propriedade da tecnologia” que os especialistas. Outro modo de se comparar estes mesmos dados é observando que, para os En-In, os três sub-atributos de segundo nível estão razoavelmente equilibrados (perto de 33%) e que para os especialistas há uma concentração na “Localização da fonte do recurso” em detrimento da “Propriedade da tecnologia”.

Com relação aos sub-atributos de segundo nível em relação ao “Apoio governamental” nota-se uma inversão de prioridades. Na ACC estimada pelos En-In tem-se o “Apoio político” como item prioritário enquanto que na ACC estimada deterministicamente tem-se o “Desconto em impostos” como mais prioritário. Novamente nota-se que os especialistas têm em geral uma preocupação mais latente que os En-In com itens que influenciam de imediato lucros e despesas.

Fonte: Elaboração própria

Figura 68. Árvore de decisão parcial para o sub-critério Político com os pesos dos sub-atributos das duas ACCs

Por fim, os sub-atributos de segundo nível em relação ao “Nível de aceitação” tiveram praticamente os mesmos pesos nas duas ACCs. Com cerca de 75% o mais prioritário foi a “Aceitação da sociedade” e com 25% a “Aceitação de entidades privadas”.

6.6.2 Comparação dos rankings de recursos

Para que seja possível a visualização dos dois *rankings* comparativamente têm-se na Tabela 13 todos os recursos e a classificação que cada um recebeu.

O primeiro ponto a se destacar na comparação dos dois *rankings* é que o peso dos primeiros recursos tem valor mais alto na ACC determinística, como por exemplo,

o recurso “Coletor solar” que na ACC estimada deterministicamente teve o peso 84,8% enquanto que na outra teve 68,8% (para ambas ACCs este recurso foi o que obteve o peso mais alto). Isso acontece até o décimo oitavo recurso. Os três últimos recursos têm maior nota na ACC estimada pelos En-In. Este fato leva a concluir, primeiramente, que os En-In foram mais rigorosos que a avaliação determinística. Outro ponto importante a se concluir é que a variação entre o primeiro e o último recurso na ACC estimada pelos En-In é menor que na estimada deterministicamente.

- Variação entre o primeiro e último recurso na ACC estimada deterministicamente: 47%.
- Variação entre o primeiro e último recurso na ACC estimada pelos En-In: 30%.

Quanto maior for essa variação melhor, pois se tem uma diferença mais clara entre as prioridades dos recursos, isto é, na ACC estimada pelos En-In tem-se maior probabilidade de ocorrer empates, além de o ranking ser alterado mais facilmente quando se faz uma análise de sensibilidade (a resposta fica menos robusta).

Uma possível justificativa para ocorrer esse fato com o *ranking* dos En-In é que em geral as pessoas evitam dar notas extremas e se concentram nas notas intermediárias.

A sequência dos *rankings* porém é similar, isto é, não há uma grande diferença de posição de um determinado recurso em uma ACC em relação a outra. Por exemplo, não há um recurso que ficou no primeiro quartil de uma ACC e no quarto quartil da outra. Desta forma é possível realizar as análises de comparações dos *rankings* através de grupos de recursos.

Tabela 13. *Ranking* de recursos nas duas ACCs

Fonte: Elaboração Própria

Recurso Energético	Ranking na ACC Determinística		Ranking na ACC valorada pelos En-In	
Coletores Solares	84,8%	1º	68,8%	1º
Medidas de Informação e Educação	81,3%	2º	64,3%	2º
Hidrogeração (pico geração)	79,7%	3º	62,3%	3º
Termo-Acumulação	78,5%	4º	61,2%	4º
Substituição de Lâmpadas	77,3%	5º	60,7%	5º
Hidrogeração (PCH's)	73,2%	6º	58,9%	7º
Hidrogeração (Hidrelétrica Gde)	71,3%	7º	58,2%	9º
Arquitetura Bio-climática	71,2%	8º	60,4%	6º
Eólica	69,8%	9º	58,3%	8º
Biogás para Cogeração	64,0%	10º	51,9%	11º
Célula Combustível	62,2%	11º	55,1%	10º
Bagaço de Cana para Cogeração	59,6%	12º	51,1%	12º
Biodiesel para Motor Comb. Int.	52,2%	13º	49,2%	13º
Álcool para Motor Comb. Int.	51,7%	14º	48,5%	15º
Gás Natural para Cogeração	51,4%	15º	44,6%	17º
Geo-térmica	51,1%	16º	49,0%	14º
Diesel para Motor Comb. Int.	45,6%	17º	42,4%	19º
Gasolina para Motor Comb. Int.	45,1%	18º	41,4%	20º
Gás Natural para Motor Comb. Int.	41,2%	19º	44,0%	18º
Nuclear	39,3%	20º	46,0%	16º
Carvão Mineral para Térmicas	38,0%	21º	39,2%	21º

Os recursos foram divididos em cinco grupos e eles podem ser observados na Tabela 14.

No grupo A, que vai do primeiro até o quinto recurso, pode-se observar que os recursos são os mesmos e inclusive não há alteração na seqüência. Isto é muito positivo, pois, no caso de investimentos em recursos energéticos, são esses recursos que a ACC sugere que sejam preconizados, e como se observa, as duas ACCs apresentam os mesmos recursos e a mesma seqüência dando assim credibilidade aos resultados.

Tabela 14. *Ranking* de recursos das duas ACCs dividido em grupos

Fonte: Elaboração Própria

Recurso Energético	Ranking na ACC Determinística		Ranking na ACC valorada pelos En-In		Grupos
Coletores Solares	84,8%	1º	68,8%	1º	Grupo A
Medidas de Informação e Educação	81,3%	2º	64,3%	2º	
Hidrogeração (pico geração)	79,7%	3º	62,3%	3º	
Termo-Acumulação	78,5%	4º	61,2%	4º	
Substituição de Lâmpadas	77,3%	5º	60,7%	5º	
Hidrogeração (PCH's)	73,2%	6º	58,9%	7º	Grupo B
Hidrogeração (Hidrelétrica Gde)	71,3%	7º	58,2%	9º	
Arquitetura Bio-climática	71,2%	8º	60,4%	6º	
Eólica	69,8%	9º	58,3%	8º	
Biogás para Cogeração	64,0%	10º	51,9%	11º	Grupo C
Célula Combustível	62,2%	11º	55,1%	10º	
Bagaço de Cana para Cogeração	59,6%	12º	51,1%	12º	
Biodiesel para Motor Comb. Int.	52,2%	13º	49,2%	13º	
Álcool para Motor Comb. Int.	51,7%	14º	48,5%	15º	Grupo D
Gás Natural para Cogeração	51,4%	15º	44,6%	17º	
Geo-térmica	51,1%	16º	49,0%	14º	
Diesel para Motor Comb. Int.	45,6%	17º	42,4%	19º	
Gasolina para Motor Comb. Int.	45,1%	18º	41,4%	20º	
Gás Natural para Motor Comb. Int.	41,2%	19º	44,0%	18º	
Nuclear	39,3%	20º	46,0%	16º	Grupo E
Carvão Mineral para Térmicas	38,0%	21º	39,2%	21º	

No grupo B observa-se um conjunto de quatro recursos, que vão do sexto ao nono. Neste grupo há alteração da ordem dos recursos quando se compara um *ranking* com o outro. Essencialmente o recurso “Hidrogeração de grande porte” ganha peso na ACC estimada pelos En-In, enquanto o recurso “Hidrogeração PCHs” perde peso na mesma ACC. Porém vale ressaltar que a diferença do sétimo para o nono recurso é de apenas 0,7%. Em linhas gerais pode-se considerar esses três atributos como empatados. No caso de investimentos em recursos energéticos, este grupo seria o segundo grupo a receber prioridade.

O grupo C contém quatro recursos, que vão do décimo ao décimo terceiro. Nele há apenas uma alteração entre o décimo segundo e décimo terceiro recurso, isto é, o “Bagaço de cana para cogeração” que vai de décimo segundo na ACC estimada deterministicamente para décimo terceiro na ACC estimada pelos En-In e o “Biodiesel para motor de combustão interna” o contrário. Este seria o terceiro grupo de recursos energéticos a receber atenção de investimentos dentro do PIR Araçatuba.

O quarto grupo (grupo D) é o maior dentre todos, pois é o que tem maior alteração de posições. Este grupo tem sete recursos indo do décimo quarto ao vigésimo recurso. A principal diferença nesse grupo é o recurso “Nuclear” que passa de vigésimo na ACC estimada deterministicamente para décimo sexto na outra. Este grupo recebe pouca prioridade nos investimentos no caso do PIR Araçatuba confirmá-lo como sendo a carteira de recursos sugerida para a região.

Por fim, o último e menor é o grupo E, que contém apenas o recurso “Carvão mineral para térmicas” e foi o último recurso nos dois *rankings*.

Como já comentado anteriormente, a metade mais alta do *ranking* (composta pelos grupos A e B) contém todos os recursos energéticos do lado da demanda e recursos energéticos do lado da oferta que utilizam apenas fontes renováveis. Esses recursos tiveram essa classificação justamente devido a consideração dos atributos Ambiental, Social que em grande parte das vezes contribuem para a baixa nota dos recursos energéticos do lado da oferta que utilizam fontes não renováveis.

Na metade mais baixa do *ranking* de recursos observam-se alguns poucos recursos de oferta com fontes renováveis, também se nota que ela contém os recursos que utilizam tecnologia com custo muito elevado, como “Célula combustível” e “Geotérmica”. Os recursos tradicionais do lado da oferta, como “Diesel”, “Carvão

mineral”, “Gasolina”, “Gás natural”, além da “Nuclear”, estão todos concentrados nessa parte menos prioritária do *ranking*.

Como conclusão da comparação dos *rankings* das duas ACCs, pode-se dizer que eles estão coerentes, especialmente se for observado a questão dos grupos, isto é, há apenas variações de classificação dos recursos energéticos dentro de cada grupo definido mas não há variação de prioridade dos grupos, isto é, o grupo A é o mais prioritário nas duas ACCs e o grupo E é o menos prioritário também nas duas ACCs.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O primeiro objetivo desta dissertação foi mostrar a utilização do PAH na ACC. Isto foi demonstrado no capítulo 4 onde se discorreu sobre a teoria do PAH e um exemplo numérico de aplicação da ACC foi desenvolvido. Chegou-se a determinação do *ranking* de recursos energéticos para este exemplo e demonstrou-se que é válido utilizar o PAH na confecção da ACC.

Na seqüência foi utilizado o programa DL como ferramenta computacional que implementa a teoria do PAH. Para a comprovação de sua validade o exemplo numérico e manual foi aplicado no programa. O resultado gerado pelo DL foi comparado com o resultado gerado de modo manual e assim comprovou-se a eficácia do programa na implementação do PAH. Ainda nessa fase foram demonstradas as outras utilidades do DL, como os gráficos de sensibilidade que o programa gera, bem como a possibilidade de consideração de mais votantes.

Assim o DL, e portanto o PAH, mostrou-se uma poderosa ferramenta de implementação da ACC pois com ele é possível:

- Introduzir a árvore de decisão da ACC com os sub-atributos;
- Considerar aspectos qualitativos e quantitativos;
- Eliminar o problema da limitação cognitiva de comparação dos seres humanos;
- Considerar mais de um votante;
- Fazer análises de sensibilidade.

Um dos objetivos centrais desta dissertação é o desenvolvimento de um método de construção de uma ACC estimada pelos En-In. O projeto PIR Araçatuba, financiado pela FAPESP, é de essencial importância neste tópico, através dele foi possível implementar na prática esta ACC. Diversas oficinas na região foram realizadas, ressaltando-se a última, que ocorreu em março de 2008, onde os En-In contribuíram com suas opiniões na árvore de decisão completa através do preenchimento da planilha de escolha dos recursos energéticos e da planilha de comparação par-a-par dos sub-atributos, planilhas estas que foram desenvolvidas no decorrer deste trabalho.

Para se construir a ACC estimada pelos En-In foi primeiramente desenvolvida a árvore de decisão da ACC, estipulando-se os sub-atributos e os recursos energéticos considerados. Este passo foi desenvolvido nesta dissertação através da proposição inicial e da condução de reuniões de consenso com a equipe PIR. Foi então utilizado o DL para a confecção da ACC, determinando-se o *ranking* de recursos energéticos e fazendo-se as análises de sensibilidade. Para tal, foram primeiramente inseridos a árvore de decisão com os recursos, calculados os *ratings* e só depois inseridos os dados dos En-In. Na sequência destas etapas o *ranking* com as análises de sensibilidades foram geradas, discorrendo-se sobre estes resultados. Através da implementação deste estudo de caso de ACC estimada pelos En-In o método de construção de uma ACC estimada pelos En-In foi desenvolvido.

O outro objetivo central desta dissertação é a comparação do resultado gerado pela ACC estimada pelos En-In com a ACC estimada deterministicamente. O primeiro passo para tal foi desenvolver um método de construção de uma ACC estimada deterministicamente que pudesse ter o resultado comparado com o *ranking* gerado pela valoração dos En-In. Para que esta comparação fosse possível estipulou-se a

priori que a árvore de decisão, seus sub-atributos e os recursos energéticos considerados tinham que ser os mesmos nas duas ACCs.

Após este passo foi desenvolvida a tabela de valores, incluindo a determinação das unidades de medida de cada um dos sub-atributos. A determinação propriamente dita do valor de cada recurso energético em relação a cada sub-critério foi realizada pela equipe PIR. Foi então conduzido em conjunto com a equipe PIR a determinação dos *ratings* de cada um dos sub-atributos. Logo foi feita toda a inserção no DL, incluindo árvore, sub-atributos, recursos e os dados propriamente ditos. O *ranking* com as análises de sensibilidades foram então gerados comentando-se estes resultados.

Por fim, foram feitas comparações dos resultados das duas ACCs. Primeiramente, os pesos dos sub-atributos das duas ACCs foram apresentados seguindo a estrutura da árvore de decisão. Comentaram-se as diferenças entre os pesos de um mesmo sub-critério e as variações no resultado geral que isto poderia gerar. Na seqüência foram analisados os *rankings* finais dos recursos energéticos das duas ACCs. Analisou-se a variação que cada recurso teve numa ACC em relação a outra e também foi discutido e mostrado que, apesar destas diferenças, os *rankings* gerados são coerentes, isto é, o resultado gerado em uma ACC é compatível com o resultado gerado na outra.

Para o projeto PIR Araçatuba tem-se como continuação o refinamento dos cálculos determinísticos dos recursos energéticos da tabela de valores. Lembra-se que estes dados são utilizados para a confecção da ACC estimada deterministicamente. Recomenda-se ainda que os *ratings* utilizados na ACC estimada deterministicamente sejam revisados novamente pelos especialistas e que alguns dados que foram considerados neste momento de forma discreta possam ser

convertidos em dados contínuos. Ainda como continuação para o projeto PIR Araçatuba recomenda-se a adição de outros En-In da região. Isto enriquecerá o *ranking* gerado justamente pela consideração de mais pontos de vistas.

Em aplicações da ACC em outros projetos PIR propõe-se a revisão da árvore de decisão e seus sub-atributos. Recomenda-se também que o modelo de árvore desenvolvido e os recursos aqui considerados sejam o ponto de partida, de modo que haja o máximo de padronização nas análises de regiões diferentes e que seja possível a comparação entre os *rankings* destas áreas.

8 REFERÊNCIAS

- [1] UDAETA, M. E. M.; "Planejamento Integrado de Recursos (PIR) para o Setor Elétrico (pensando o desenvolvimento sustentável)", Tese (Doutorado), Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo, 1997.
- [2] GIMENES, A. L. V.; "Modelo de Integração de Recursos como Instrumento para um Planejamento Energético Sustentável", Tese (Doutorado), Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, São Paulo, 2004.
- [3] KANAYAMA, P. H.; "Mecanismos de desenvolvimento limpo no Planejamento Integrado de Recursos Energéticos – PIR", Tese (Doutorado), Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, São Paulo, 2007.
- [4] CARVALHO, C. E.; "A Análise do Ciclo de Vida e os Custos Completos no Planejamento Energético"; Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, São Paulo, 2000.
- [5] BAITELO, R.L.; "Modelagem Completa e Análise dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda para o PIR"; Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da

USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, São Paulo, 2006.

- [6] FUJII, R.J.;"Modelo de Caracterização Sistêmica das Opções de Oferta Energética para o PIR"; Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, São Paulo, 2006.
- [7] UDAETA, M.E.M. et al. "Novos Instrumentos de Planejamento Energético Regional Visando o Desenvolvimento Sustentável" Projeto de Pesquisa da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. São Paulo, 2004.
- [8] UDAETA, M. E .M.; GIMENES, A. L. V.; GALVÃO, L.C.R; BAITELO, R.L."Estado de Arte e Síntese dos Trabalhos realizados no GEPEA acerca do PIR na Fase II" Relatório do Grupo de Energia do PEA / USP, São Paulo, 2007.
- [9] GOLDEMBERG, J.; "Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento"; Edusp, Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.
- [10] GALVÃO, L.C.R., GRIMONI, J. A. B., UDAETA, M. E. M. et al; "Iniciação a Conceitos de Sistemas Energéticos para o Desenvolvimento Limpo "; Editora da Universidade de São Paulo - Edusp, São Paulo, 2003.
- [11] SAUER, I.L. et al. "A Reconstrução do Setor Elétrico Brasileiro"; Editora Paz e Terra, São Paulo, 2003.

- [12] GUERREIRO, G.; GIRALDI, R. Licenças para usinas do rio Madeira só saem depois do retorno de Lula. Folha On-Line, São Paulo, 31 maio 2007. Disponível em <http://www1.folha.uol.com.br/folha/brasil/ult96u301250.shtml> . Acesso em 08 Abril 2008.
- [13] JANUZZI, G. M. E SWISHER, J. N. P.; “Planejamento Integrado de Recursos Energéticos – meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis”, Editora Autores Associados, Campinas, 1997.
- [14] BOARATI, J.H.; “Um modelo para Avaliação Ponderada da Hidreletricidade e Termoeletricidade com Gás Natural Através dos Custos Completos”. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas, São Paulo, 2003.
- [15] CARVALHO, C.E., CHIAN, C.C.T. “Avaliação dos Custos Completos dos Recursos Energéticos na Produção Integrada de Termofosfatos no Médio Paranapanema” Projeto de Formatura apresentado a EPUSP, São Paulo, 1997.
- [16] NISHIMARU, R. S.; “Opções Energéticas de Pico-Geração Na RDS Mamirauá” Projeto de Formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- [17] SAATY, T. L.; “Processo Analítico Hierárquico”, Mc Graw-Makron Books, São Paulo, 1991.

- [18] KLABAN, M. M.; “*Decision* support for energy conservation promotion: an *analytic hierarchy process* approach”; Energy Policy, Vol. 32, 2004.
- [19] KLABAN, M.M.; “Prioritization of decentralized electricity options available for rural areas in Jordan”; Energy Policy, Vol. 38, 1997.
- [20] *Expert choice*. Disponível em <http://www.expertchoice.com>. Acesso em: 20 Maio 2008.
- [21] MILLER, G. A.; “The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information”; The Psychological Review, Vol. 63, 1956. pp 81-97. Disponível em <http://www.musanim.com/miller1956/>
- [22] *Decision Lens*. Disponível em <http://www.decisionlens.com>. Acesso em 20 Maio 2008.
- [23] *Super Decisions*. Disponível em <http://www.superdecisions.com>. Acesso em 20 Maio 2008.
- [24] CICONI, D. J.; “SAGE – Sistema de Análise Geo-energética”; Projeto de Formatura apresentado a EPUSP, São Paulo, 2004.