



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IGC**

**Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas
Ambientais**

Felipe Ramos Nabuco de Araujo

**COORDENAÇÃO DE DADOS, VALORES E PARTICIPAÇÃO DE ATORES NA
TOMADA DE DECISÃO EM ESTUDOS DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS DE
LINHAS DE TRANSMISSÃO: UMA PROPOSTA UTILIZANDO MODELAGEM
ESPACIAL E ANÁLISE MULTICRITERIAL**

BELO HORIZONTE

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IGC
Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

FELIPE RAMOS NABUCO DE ARAUJO

**COORDENACÃO DE DADOS, VALORES E PARTICIPAÇÃO DE ATORES NA
TOMADA DE DECISÃO EM ESTUDOS DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS DE
LINHAS DE TRANSMISSÃO: UMA PROPOSTA UTILIZANDO MODELAGEM
ESPACIAL E ANÁLISE MULTICRITERIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como pré-requisito para obtenção do título de mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nobrega

Co-orientador: Dr. André Luiz Fonseca Naime

Belo Horizonte
Instituto de Geociências da UFMG

2016

A663c
2016

Araújo, Felipe Ramos Nabuco de.

Coordenação de dados, valores e participação de atores na tomada de decisão em estudos de alternativas locais de linhas de transmissão [manuscrito] : uma proposta utilizando modelagem espacial e análise multicriterial / Felipe Ramos Nabuco de Araújo. – 2016.

217 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega.

Coorientador: André Luiz Fonseca Naime.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2016.

Bibliografia: f. 120-134.

Inclui anexos.

1. Modelagem de dados – Teses. 2. Processo decisório por critério múltiplo – Teses. 3. Linhas de telecomunicação – Teses. I. Nóbrega, Rodrigo Affonso de Albuquerque. II. Naime, André Luiz Fonseca. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências. IV. Título.

CDU: 519.6



FOLHA DE APROVAÇÃO

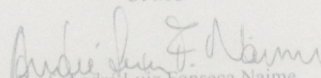
COORDENAÇÃO DE DADOS, VALORES E PARTICIPAÇÃO DE
ATORES NA TOMADA DE DECISÃO EM ESTUDOS DE
ALTERNATIVAS LOCACIONAIS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO:
UMA PROPOSTA UTILIZANDO MODELAGEM ESPACIAL E ANÁLISE
MULTICRITERIAL

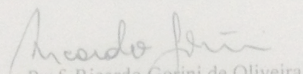
FELIPE RAMOS NABUCO DE ARAUJO

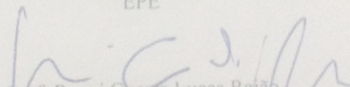
Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS, área de concentração ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS

Aprovada em 01 de fevereiro de 2016, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Rodrigo Affonso de Albuquerque Nobrega - Orientador
UFMG


Prof. André Luiz Fonseca Naime
IBAMA


Prof. Ricardo Gorini de Oliveira
EPE


Prof. Raoni Guerra Lucas Rajão
UFMG

Belo Horizonte, 01 de fevereiro de 2016.

Dedico este trabalho à minha querida esposa Paloma,
ao meu querido cachorro Chopp, às nossas famílias e amigos e aos
companheiros de curso e de trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha querida Paloma pelo apoio incondicional, força e confiança nos diferentes momentos que passei ao longo da pesquisa. A nossa conexão e o amor mútuo sustenta a alegria que vivemos a vida, as pessoas e os momentos.

Ao meu cachorro Chopp que esteve sempre ao meu lado nos momentos de compenetração completa no computador, esperando por breves momentos para brincadeiras e passeios.

À minha mãe Ana, meu pai Paulo Cesar, minha irmã Natália e minha tia Hilda pelo amor de família que sempre me passaram e por serem a fonte de energia que me possibilita concluir projetos pessoais como este mestrado.

À toda a família da Paloma e amigos do Rio, Belo Horizonte, Brasília, João Pessoa, Florianópolis e outros tantos lugares, pelo companheirismo que ultrapassa idades e distâncias.

Em especial aos companheiros de curso, onde a diferença foi a fonte de formação de um grupo de amizade único que serviu, serve e servirá como uma rede de amigos que se ajudam, estejamos onde estiver.

Aos professores Rodrigo e Raoni e ao analista ambiental André, pela paciência e orientação ao longo do curso.

Ao William do CSR/UFGM e a querida Pâmela da secretaria do Programa, pelo apoio e ajuda fornecidos durante a pesquisa.

Ao IBAMA, que pela concessão de meu afastamento permitiu a realização desta pesquisa.

E a Deus, na forma de fonte energia maior de nossa vida, que nos guia nas nossas escolhas e que me concebeu sabedoria e experiência para a conclusão deste mestrado.

RESUMO

Esta dissertação propõe uma análise quanto a potencialidade da modelagem espacial de corredores para a qualificação da etapa de estudos de alternativas locais de linhas de transmissão de energia (LTs). As dificuldades verificadas no licenciamento ambiental de novos projetos, a ampliação do sistema de transmissão nacional e a falta de trabalhos científicos direcionados para a pesquisa de técnicas que desenvolvam alternativas locais de LTs são as questões motivadoras desta pesquisa. Constatou-se que o fluxo decisório atualmente instituído para a implantação de novas LTs, desde as etapas de planejamento energético até a operação do empreendimento, envolve diferentes entidades públicas e privadas que atuam de forma não integrada em um processo multinível de análises e decisões. Complementarmente, a investigação de alternativas de corredores, etapa do estudo local que antecede a definição de traçado, demanda a consideração de múltiplas variáveis como critérios ambientais, sociais e econômicos. A modelagem de alternativas de corredores desenvolvida neste trabalho, na forma de estudo de caso, foi fundamentada por técnica de análise multicritério, envolveu a consulta a especialistas de 4 entidades participantes no processo supracitado e foi executada para dois diferentes cenários. O resultado obtido demonstrou a aplicabilidade do modelo para apoio ao planejamento de projetos de transmissão, a sua aptidão para considerar a complexificação presente em estudos deste porte, o seu potencial de agregação de análises e decisões dos diferentes atores que integram o processo decisório e sua capacidade de compreensão e transparência. Destaca-se a antecipação e integração da atuação técnica dos atores na formulação de alternativas, em contraste ao fluxo atual, onde esta participação ocorre tardiamente em fases posteriores. Identificaram-se questões relevantes de reflexão para melhoria da metodologia, com destaque para a necessidade de estudos direcionados para a inserção de novas variáveis importantes à análise.

Palavras chave: Linhas de transmissão, alternativas locais, modelagem espacial, análise multi-critério, avaliação de impactos ambientais.

ABSTRACT

This research proposes an analysis on the potential of spatial modeling of corridors for the qualification of the locational alternatives study of power transmission lines (TLs). The difficulties encountered in the environmental licensing of new projects, the expansion of the national transmission system and, the lack of scientific work focused on research techniques to develop alternatives of transmission lines are the motivating issues of this research. It was found that the decision-making flow currently set to roll out new TLs, from energy planning until operation, involves different public and private entities that operate in non-integrated form in a multilevel process of analysis and decisions. In addition, investigation of alternative corridors, locational study that precedes the definition of the route, requires the consideration of multiple variables such as environmental, social, and economic criteria. The Modeling of alternatives corridors developed in this work was supported by multicriteria analysis, by consulting the experts from four entities participating in the aforementioned process and was performed for two different scenarios. The results presented in this work has demonstrated the applicability of the model to support energy transmission planning, their ability to consider the complexity present in this kind of studies, the potential for aggregation of analyzes and judgments of different actors who are part of the decision-making process and their ability to understanding and transparency. The model stands out for anticipating and integrating of the technical performance of the actors in the formulation of alternatives, in contrast to the current flow, where this participation occurs late. Were identified relevant issues for improving the methodology, highlighting the need for studies directed to the inclusion of important new variables to the process..

Keywords: Transmission lines, Locational alternatives, Spatial modeling, Multi-criteria analysis, Environmental impact assessment.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS	xx
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xxi
1 INTRODUÇÃO	22
2 REFERENCIAL TEÓRICO	27
2.1 – Avaliação de impactos e o licenciamento ambiental no Brasil	27
2.1.1 – Estudos de alternativas locacionais no âmbito da avaliação de impactos	32
2.1.2 – Estado da arte dos estudos de alternativas locacionais de linhas de transmissão de energia no Brasil	36, 37, 42
2.2 – Modelagem multicriterial de Corredores	50
2.2.1 – Análise e tomada de decisão por múltiplos critérios, geoprocessamento, SIG e Modelagem espacial	50
2.2.2 –SIG e Modelagem espacial multicriterial	53
2.2.3 – Modelagem de alternativas de corredores utilizando técnicas de geoprocessamento e AHP	56
3 METODOLOGIA	67
3.1 Definição do modelo conceitual	68
3.2 Escolha do estudo de caso para a modelagem	68
3.3 Seleção e teste da plataforma de modelagem	71
3.4 Desenvolvimento do modelo lógico	74
3.4.1 Definição das variáveis de interesse (fatores) e critérios	74
3.4.2 Estruturação da análise multicriterial	78
3.5 Desenvolvimento do modelo matemático	79
3.5.1 Construção do banco de dados cartográficos e ranqueamento intrafatorial	79
3.5.2 Ranqueamento Interfatorial e Intergrupos	86
3.6 Cálculo dos corredores e Apresentação dos resultados	90
3.7 Apresentação dos resultados	94
4 RESULTADOS	95
4.1 Cenário de modelagem nº 1: Corredores EPE	95
4.2 Cenário de modelagem nº 2: Corredores por perfil de atuação	101

4.3 Conclusões	107
5 DISCUSSÕES	112
5.1 Quanto a aplicabilidade da técnica	112
5.2 Quanto ao potencial de complexificação de estudos locacionais	115
5.3 Quanto a capacidade de canalização de diferentes análises e decisões	116
5.4 Quanto ao nível de compreensividade e transparência para tomadores de decisão e demais atores envolvidos	117
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
MATERIAL COMPLEMENTAR	134
Anexo A - Superfícies de custo individuais (Ranqueamento intrafatorial - 1º nível) ...	135
Anexo B – Roteiro das consultas a especialista	187
Anexo C – Roteiro de entrevista semi-estruturada executada junto a especialista do EPE	188
Anexo D - Consolidação AHP e teste de consistência referente aos resultados do cenário 1	191
Anexo E - Consolidação AHP e teste de consistência referente aos resultados do cenário 2	200

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxo de etapas para o desenvolvimento de alternativas (adaptado de STEINEMANN, 2001).....	34
Figura 2 – Integração eletroenergética do Sistema Interligado Nacional (ONS, 2015).....	37
Figura 3– principais etapas do processo de concessão de linhas de transmissão de energia (adaptado de CAMPOS, 2010).....	38
Figura 4 – Consumo de energia por estado e localização dos atuais principais projetos de geração de energia (ANEEL, 2015b).	39
Figura 5 – Estudo de alternativas locais do fluxo de etapas de concessão de linhas de transmissão (adaptado de CAMPOS, 2010).....	41
Figura 6 – Estrutura esquemática do método de superposição de mapas	42
Figura 7 – Estrutura esquemática da técnica de modelagem	43
Figura 8 – Estrutura esquemática e exemplo de aplicação da técnica de análise de redes	44
Figura 9 – Corredor preferencial definido no Relatório R1 referente a LT Xingu – Terminal Minas (MME; EPE, 2013).	45
Figura 10 – Esquema exemplificativo da atuação institucional no planejamento e licenciamento ambiental de Linhas de Transmissão de Energia.....	49
Figura 11 – Fatores e respectivos planos de informação (PI) em modelos integrados de SIG e análise multicritério.....	55
Figura 12 – Procedimento do AHP na análise de alternativas (adaptado de SADASIVUNI et al, 2009).....	57
Figura 13 – Exemplo de uma matriz de comparação par a par com três critérios	59
Figura 14 – Matriz normalizada $X_{n \times n}$ e <i>Eigenvector</i> $W_{n \times 1}$	59
Figura 15 – Geração da superfície de custo acumulado a partir da combinação de cenários individuais (adaptado de SADASIVUNI et al, 2009, p. 10).	62
Figura 16 – Três etapas para a determinação de caminhos ótimos em um superfície de custo em mapa raster Stefanakis e Kavouras (1995).....	63
Figura 17 – Exemplos de caminho de menor custo sob superfícies com perspectivas que levam em consideração fatores independentes: áreas urbanizadas (acima à esquerda), áreas alagáveis (acima à direita), drenagem (abaixo à esquerda) e declividade (abaixo a direita) (SADASIVUNI et al, 2009)	64
Figura 18 – Etapas do cálculo de corredores de menor custo considerando-se 2 níveis de ranqueamentos – intrafatorial e interfatorial (adaptado de Nobrega et al, 2009).....	65

Figura 19 – Alternativas de corredores estudadas para a Rodovia I-269 entre os estados de Mississippi e Tennessee no Estados Unidos (Nobrega; O'Hara, 2009).....	66
Figura 20 – Corredores estudados para interligação ferroviária entre as localidades de Paracatu e Ipatinga, interior do estado de Minas Gerais (DE SOUZA; DE ARAUJO; NÓBREGA, 2014).	66
Figura 21 –Etapas metodológicas da pesquisa	67
Figura 22 – Etapas básicas do processo do cálculo de corredores (NOBREGA et al, 2009) .	68
Figura 23 – localização do estudo de caso escolhido para a modelagem, LT 500 kV Marimbondo II – Campinas e Subestações associadas.	69
Figura 24 – Corredor preferencial resultantes do Relatório R1 (EPE, 2012).	70
Figura 25 – Corredor preferencial resultantes do Relatório R3	70
Figura 26 – Estrutura final do modelo desenvolvido para o cálculo de corredores no ambiente no programa Dinamica EGO.....	72
Figura 27 – Corredores obtidos no teste efetuado no software Dinamica EGO (DE ARAUJO et al, 2015).....	73
Figura 28 – Corredor obtido em teste de validação do modelo, simulando-se o ranqueamento mínimo e equivalente a todos os critérios e em todos os três níveis.....	74
Figura 29 – Níveis de ranqueamento e cálculo de corredor (considerando 3 grupos de fatores)	79
Figura 30 – Máscara vetorial representativa da área de estudo de referência estipulada para recorte dos dados e modelagem	80
Figura 31 – Modelo de matriz AHP utilizada para o ranqueamento intracriterial (1 ^o nível) e obtenção dos pesos para construção das superfícies de custo individuais.	82
Figura 32 –Matriz de comparação AHP do fator FA6 – Declividade, utilizada para o ranqueamento intracriterial	83
Figura 33 –Gráfico da análise de sensibilidade resultante da matriz de comparação AHP do fator F6 – Declividade.....	84
Figura 34 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente à classificação intrafatorial do fator FA6 – Declividade.....	85
Figura 35 –Mapa <i>raster</i> resultante do ranqueamento intrafatorial do fator FA6 – Declividade	85
Figura 36 –Matriz de comparação AHP utilizada para o ranqueamento intracriterial do grupo de fatores ambientais.....	87

Figura 37 –Matriz de comparação AHP utilizada para o ranqueamento intracriterial do grupo de fatores sociais	88
Figura 38 –Matriz de comparação AHP utilizada para o ranqueamento intracriterial do grupo de fatores econômicos	89
Figura 39 –Matriz de comparação AHP utilizada para o ranqueamento intergrupos	89
Figura 40 –Estruturação do cálculo dos pesos para a modelagem do cenário 1	91
Figura 41 –Estruturação do cálculo dos pesos para a modelagem do cenário 2 (Ranqueamentos Interfatoriais)	92
Figura 42 –Estruturação do cálculo dos pesos para a modelagem do cenário 2 (ranqueamento intergrupos)	92
Figura 43 – Corredor linear apresentado sem realce de 20% de seu histograma.....	93
Figura 44 –Corredor linear apresentado com realce de 20% de seu histograma	94
Figura 45 –Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores ambientais referente à modelagem de corredores do cenário 1.....	95
Figura 46 –Superfície de custo ambiental referente à modelagem de corredores do cenário 196	
Figura 47 –Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores sociais referente à modelagem de corredores do cenário 1	96
Figura 48 –Superfície de custo social referente a modelagem de corredores do cenário 1	97
Figura 49 –Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores econômicos referente à modelagem de corredores do cenário 1	97
Figura 50 –Superfície de custo econômico referente à modelagem de corredores do cenário 1	98
Figura 51 –Análise de sensibilidade do ranqueamento inter-grupos referente a modelagem de corredores do cenário 1	98
Figura 52 – Corredores Superfície de custo global referente à modelagem de corredores do cenário 1	99
Figura 53 –Corredores resultantes da modelagem no cenário 1	100
Figura 54 –Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores ambientais referente à modelagem de corredores do cenário 2.....	101
Figura 55 –Superfície de custo ambiental referente à modelagem de corredores do cenário 2	102
Figura 56 - Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores sociais referente à modelagem de corredores do cenário 2.....	102
Figura 57 –Superfície de custo Social referente à modelagem de corredores do cenário 2...	103

Figura 58 –Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores econômicos referente à modelagem de corredores do cenário 2.....	103
Figura 59 – Superfície de custo Econômico referente à modelagem de corredores do cenário 2	104
Figura 60 –Análise de sensibilidade do ranqueamento inter-grupos referente à modelagem de corredores do cenário 2	104
Figura 61 –Superfície de custo global referente à modelagem de corredores do cenário 2...	105
Figura 62 – Corredores resultantes da modelagem no cenário 2	106
Figura 63 –1º Segmento diferenciado de alternativas de corredores entre os cenários 1 e 2 (Km 0 ao Km 100, direção SE Campinas – SE Marimbondo II).....	109
Figura 64 –2º e 3º Segmentos diferenciados de alternativas de corredores entre os cenários 1 e 2 (Km 100 ao Km 230, direção SE Campinas – SE Marimbondo II).....	110
Figura 65 – 4º Segmento diferenciado de alternativas de corredores entre os cenários 1 e 2 (últimos 120km)	111
Figura 66 –Sobreposição do corredor do Relatório R3 no corredor modelado no cenário 1, com destaque ao trecho não autorizado pela LI	113
Figura 67 –Sobreposição do corredor do Relatório R3 no corredor modelado no cenário 2, com destaque ao trecho não autorizado pela LI	113
Figura 68 –Sobreposição do corredor do Relatório R3 na superfície de custo individual do Fator FS2 - interferência em áreas urbanas, com destaque ao trecho não autorizado pela LI	114
Figura 69 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA1 – Unidades de Conservação	136
Figura 70 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FA1 – Unidades de Conservação	137
Figura 71 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA1 – Unidades de Conservação.....	138
Figura 72 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA1 – Unidades de Conservação.....	138
Figura 73 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FA1 – Unidades de Conservação	139
Figura 74 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA2 – Áreas de preservação permanente	140
Figura 75 – Sequenciamento de matrizes do Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FA2 – Áreas de Preservação Permanente	141

Figura 76 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA2 – Áreas de Preservação Permanente	141
Figura 77 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA2 – Áreas de Preservação Permanente	142
Figura 78 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FA2 – Áreas de Preservação Permanente	142
Figura 79 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA3 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade	143
Figura 80 – Sequenciamento de matrizes do Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FA3 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade.....	144
Figura 81 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA3 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade	144
Figura 82 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA3 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade	144
Figura 83 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FA3 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade	145
Figura 84 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA4 – Áreas importantes para avifauna migratória.....	146
Figura 85 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FA4 – Áreas importantes para avifauna migratória.....	146
Figura 86 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA5 – Cavidades naturais subterrâneas.....	147
Figura 87 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FA5 – Cavidades naturais subterrâneas.....	147
Figura 88 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA6 – Declividade	148
Figura 89 – Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FA6 – Declividade	149
Figura 90 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA6 – Declividade.....	149
Figura 91 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA6 – Declividade.....	150
Figura 92 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FA6 – Declividade.....	150

Figura 93 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares	151
Figura 94 – Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.....	152
Figura 95 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.....	153
Figura 96 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.....	153
Figura 97 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.	154
Figura 98 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA8 – Áreas alagáveis.	154
Figura 99 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FA8 – Áreas alagáveis.	155
Figura 100 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA9 – Vegetação nativa	156
Figura 101 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do FA9 – Vegetação nativa	157
Figura 102 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA9 – Vegetação nativa.....	157
Figura 103 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FA9 – Vegetação nativa.	158
Figura 104 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS1 – Terras Indígenas.	159
Figura 105 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FS2 – Áreas urbanas	160
Figura 106 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do FS2 – Áreas urbanas.	161
Figura 107 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS2 – Áreas urbanas.	162
Figura 108 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS2 – Áreas urbanas.	162
Figura 109 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS2– Áreas urbanas.	163

Figura 110 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS3 – Projetos de assentamento.	163
Figura 111 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS3 – Projetos de assentamento.	164
Figura 112 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS4 – Áreas quilombolas.	165
Figura 113 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS5 – Áreas de relevante interesse arqueológico.	166
Figura 114 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS6 – Aeródromos.	167
Figura 115 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS6 – Aeródromos.	167
Figura 116 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FS7 – Impacto visual na paisagem	168
Figura 117 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do FS7 – Impacto visual na paisagem.	169
Figura 118 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS7 – Impacto visual na paisagem.	170
Figura 119 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS7 – Impacto visual na paisagem.	170
Figura 120 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS7 – Impacto visual na paisagem.	171
Figura 121 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FS8 – Áreas de interesse mineral.	172
Figura 122 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do FS8 – Áreas de interesse mineral.	173
Figura 123 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS8 – Áreas de interesse mineral.	173
Figura 124 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS8 – Áreas de interesse mineral.	173
Figura 125 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS8 – Áreas de interesse mineral.	174
Figura 126 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FS9 – Interferência em culturas.	174

Figura 127 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do FS9 – Fragmentação de áreas com agricultura.	175
Figura 128 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS9 – Fragmentação de áreas com agricultura.	175
Figura 129 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS9 – Fragmentação de áreas com agricultura.....	176
Figura 130 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE1 – Áreas que demandem a instalação de torres autoportantes ou o alteamento de torres.....	177
Figura 131 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FE1 – Áreas que demandem a instalação de torres autoportante ou o alteamento de torres.	177
Figura 132 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE2 – Áreas alagáveis.	178
Figura 133 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FE2 – Áreas alagáveis.....	178
Figura 134 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FE3 – Declividade	179
Figura 135 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FE3 – Declividade.....	180
Figura 136 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE3 – Declividade.	180
Figura 137 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE3 – Declividade.	181
Figura 138 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FE3 – Declividade.....	181
Figura 139 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FE4 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares	182
Figura 140 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FE4 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares	183
Figura 141 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE4 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.	184
Figura 142 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE4 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.	184

Figura 143 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FE4 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.	185
Figura 144 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE5 – Limpeza da faixa.	185
Figura 145 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FE5 – Limpeza da faixa.	186
Figura 146 –Matriz AHP utilizada para treinamento e aprendizagem do método.....	187
Figura 147 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP de referência utilizada na modelagem do cenário 1: fatores ambientais	193
Figura 148 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP de referência utilizada na modelagem do cenário 1: fatores sociais.....	194
Figura 149 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP de referência utilizada na modelagem do cenário 1: fatores econômicos	195
Figura 150 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP de referência utilizada na modelagem do cenário 1: Inter-grupos de fatores	195
Figura 151 –Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a modelagem do cenário 1: Fatores ambientais	197
Figura 152 –Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a modelagem do cenário 1: Fatores sociais	198
Figura 153 –Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a modelagem do cenário 1: Fatores econômicos	199
Figura 154 –Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a modelagem do cenário 1: Intergrupos.....	199
Figura 155 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: fatores ambientais.....	203
Figura 156 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: fatores sociais	205
Figura 157 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: intergrupos.....	206
Figura 158 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP dos especialistas do TCU consultados para a modelagem do cenário 2: fatores econômicos.....	207
Figura 159 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP dos especialistas do TCU consultados para a modelagem do cenário 2: intergrupos.....	207

Figura 160 –Matriz AHP do especialista da ANEEL consultado para a modelagem do cenário 2: fatores econômicos.....	208
Figura 161 –Matriz AHP do especialista da ANEEL consultado para a modelagem do cenário 2: intergrupos.....	208
Figura 162 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: fatores ambientais ..	209
Figura 163 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: fatores sociais.....	210
Figura 164 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: intergrupos	211
Figura 165 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP dos especialistas do TCU consultados para a modelagem do cenário 2: fatores econômicos.....	212
Figura 166 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP dos especialistas do TCU consultados para a modelagem do cenário 2: intergrupos.....	212
Figura 167 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP do especialista da ANEEL consultado para a modelagem do cenário 2: fatores econômicos	213
Figura 168 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP do especialista da ANEEL consultado para a modelagem do cenário 2: intergrupos.....	214

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Componentes básicos de um processo genérico de AIA e sua relação temporal no processo de licenciamento ambiental trifásico (adaptado de SANCHÉZ, 2006 e LIMA; MAGRINI, 2010).....	30
Quadro 2 - Resumo dos principais métodos utilizados para ponderação de critérios em MCDM (adaptado de MALCZEWSKI, 1999, p. 190).....	52
Quadro 3 – Escala de comparação de critérios par a par (adaptado de SAATY; VARGAS, 2001).....	58
Quadro 4 –Valor de Índices de Aleatoriedade (IA) para análises com até 10 critérios (SAATY; VARGAS, 2001, p. 9)	60
Quadro 5 –Fatores e critérios considerados na modelagem: grupo de fatores ambientais	75
Quadro 6 –Fatores e critérios considerados na modelagem: grupo de fatores sociais.....	76
Quadro 7 – Fatores e critérios considerados na modelagem: grupo de fatores econômicos....	77
Quadro 8 – Agregação de prioridades dos fatores ambientais utilizados como referência para a modelagem do cenário 2	214
Quadro 9 – Agregação de prioridades dos fatores sociais utilizados como referência para a modelagem do cenário 2	215
Quadro 10 – Agregação de prioridades dos fatores econômicos utilizados como referência para a modelagem do cenário 2.....	216
Quadro 11 – Agregação de prioridades intergrupos utilizados como referência para a modelagem do cenário 2	216

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CPLA/SP – Coordenadoria de Planejamento Ambiental da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo

CPRM – Serviço Geológico do Brasil

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

FUNAI – Fundação Nacional do Índio

IAIA - *International Association for Impact Assessment*

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério de Minas e Energia

MPU – Ministério Público da União

ONS – Operador Nacional do Sistema

TCU - Tribunal De Contas Da União

1 INTRODUÇÃO

No contínuo e amplo debate acerca da sustentabilidade, a questão energética possui notável destaque, seja devido a sua importância no desenvolvimento de uma nação, sua influência nas discussões sobre as mudanças climáticas globais, no montante de investimentos que envolvem seus projetos, pelos seus efeitos ambientais e sociais, dentre outros aspectos. O racionamento energético ocorrido em 2001, os sequenciais aumentos de tarifa na conta de luz nos últimos anos, e os impactos locais e regionais de projetos hidroelétricos recém instalados ou em instalação na região norte do país são exemplos de repercussões sociais que a sociedade brasileira vivencia sobre o tema.

A expansão da capacidade de geração elétrica nacional, resultado da crescente demanda por energia, é acompanhada pela ampliação de rede de transmissão, que cresceu 18% apenas entre 2009 e 2013 e apresenta perspectivas de instalação de aproximadamente 70.000 km de novas linhas de transmissão (LTs) até o ano de 2023 (MME; EPE, 2014).

O licenciamento ambiental de Linhas de Transmissão (LTs) tem sido objeto de estudos (PIRES et al, 1993; CAMPOS, 2010; COSTA et al, 2013; BRASIL, 2014; CARDOSO JR, 2014; ANEEL, 2015a) e notícias (BORGES, 2014a, 2014b, 2015; RITTNER; BITENCOURT, 2014; PEREIRA, 2014; BRASIL, 2015) que discorrem sobre os seus problemas e desafios, como a sua influência no prazo e custo de novos empreendimentos, demanda por estudos mais qualificados e transparentes e sua importância na viabilidade de novos projetos de geração de energia, usualmente localizados distantes de centros consumidores.

Neste contexto, o aprimoramento do planejamento locacional sustentável de novos sistemas de transmissão se faz continuamente necessário, tendo em vista não apenas os pontos elencados nos trabalhos supracitados, como também a diversidade e complexidade espacial que compõe o território brasileiro e a escala multinível de tomada de decisão, que ocorre no desenvolvimento de novos projetos.

A título de exemplo, as duas linhas de transmissão que interligam as usinas do rio Madeira em Porto Velho/RO até Araraquara/SP possuem mais de 2.400 Km de extensão, interceptam os biomas amazônico, cerrado e mata atlântica, unidades de conservação, áreas urbanas, áreas de serra, áreas alagáveis, dentre outros componentes do espaço que influenciam

na implantação do projeto (INTERLIGAÇÃO ELÉTRICA DO MADEIRA; CONSÓRCIO AMBIENTAL MADEIRA, 2010) e ao longo das fases de planejamento e licenciamento ambiental foram objeto de análises de inúmeras instituições públicas e privadas, como órgãos de planejamento, regulação, licenciamento ambiental e prefeituras (EPE, 2008; BRASIL, 2008a; IBAMA, 2011).

Segundo Sánchez (2006), uma das grandes dificuldades práticas da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), processo que subsidia a tomada de decisão que ocorre no licenciamento ambiental brasileiro, é fazer com que alternativas de menor impacto sejam formuladas e analisadas comparativamente às alternativas tradicionais. Se tratando de um empreendimento linear com interferência espacialmente abrangente, entende-se que a etapa de análise de alternativas locais possui elevada relevância no processo de AIA de LTs, na medida em que influencia as etapas decisórias presentes no licenciamento ambiental ao espacializar os seus prováveis impactos (ambientais, sociais e econômicos) nos ambientes propostos a serem inseridos, ao definir as comunidades que potencialmente serão afetadas pelos seus impactos e ao subsidiar análises e decisões das entidades atuantes no planejamento e regulação de novos projetos.

Aproveitando o caso já mencionado, relevante mencionar que a implantação da 1ª linha que interliga Porto Velho/RO a Araraquara/SP em áreas de serras e em áreas alagáveis influenciaram no aumento do prazo de conclusão do projeto e em seus impactos ambientais, tendo em vista as dificuldades construtivas encontradas nestas áreas e as medidas de prevenção e mitigação que foram exigidas no licenciamento devido a sua sensibilidade socioambiental (SENA et al, 2013). A LT Manaus – Boa Vista, como outro exemplo, que tem como objetivo integrar o estado de Roraima ao Sistema Interligado Nacional (SIN), foi leiloada em 2011 e até o presente momento enfrenta dificuldades para definição de sua viabilidade locacional (MORAES et al, 2014; BORGES e WARTH, 2015).

A reflexão que se provoca é se a investigação de alternativas poderia ter sido melhor trabalhada de forma a otimizar a etapa construtiva e minimizar custos, prazo e impactos. O processo tradicional de planejamento, AIA e estudo de alternativas locais de LTs estão em consonância com as atuais demandas sociais, ambientais e econômicas do setor energético? Quando e como são desenvolvidas as alternativas locais de novos projetos? Qual a metodologia empregada? Quais as variáveis e critérios considerados? Como os atores

responsáveis pelo planejamento, execução e regulação se relacionam e como esta estrutura decisória influencia na vigente conjuntura do setor?

Para o desenvolvimento das questões enunciadas, a modelagem espacial estruturada por técnicas de análise multicriterial, se apresenta como área da ciência de potencial apoio a qualificação do processo decisório presente no planejamento locacional e licenciamento de novas LTs.

Ao permitir uma representação simplificada da realidade sob uma abordagem multidisciplinar e participativa na gestão do espaço, modelos espaciais multicriteriais surgem como “um sistema interativo que proporciona ao usuário acesso fácil a modelos decisórios e dados a fim de dar apoio a atividades de tomadas de decisões” (JOHNSON, 1986 apud CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os apontamentos expostos subsidiam o questionamento motivador desta pesquisa: como a modelagem pode contribuir ao desenvolvimento de estudos de alternativas locacionais de LTs?

As análises locacionais que compõe o planejamento de uma nova LT inicia-se no estudo de alternativas de corredores (com cerca de 10 a 20 Km de largura cada), posterior seleção de um corredor preferencial e finaliza no detalhamento da melhor localização da diretriz da linha de transmissão (EPE, 2005). No Brasil a formulação de alternativas de corredores é realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) previamente ao processo licitatório, que concede a empresas o serviço de construção e operação de novas LTs, e antes do início do procedimento de licenciamento ambiental. Se baseia na identificação de áreas mais favoráveis para implantação do empreendimento por meio de um sistema de informações geográficas para superposição e análise de informações como unidades de conservação, terras indígenas, núcleos urbanos, etc (EPE, 2005).

Considerando-se que a avaliação do melhor alinhamento de um corredor consiste em um processo complexo que envolve tomadores de decisão e demais partes interessadas, além de trabalhar com uma alta quantidade e complexidade de dados (NOBREGA et al, 2009), a realização de pesquisa que reflita acerca da potencialidade do apoio da modelagem a esta etapa se faz justificável, com perspectivas consideráveis de conclusões sobre uso de modelos como instrumento a tomada de decisão.

Deste modo, tem-se como hipótese base da pesquisa que a modelagem multicriterial aplicada a investigação de alternativas de corredores qualificará as atividades de definição locacional de LTs, na medida em que:

- Considera a complexificação da análise, ao permitir a utilização de diferentes e inúmeras variáveis;
- Integra diferentes pontos de vista, ao permitir a participação de diferentes atores;
- É compreensível a tomadores de decisões e demais interessados.

O objetivo principal deste trabalho é analisar a capacidade da técnica de modelagem de corredores no apoio ao processo de estudos de viabilidade e análise ambiental locacional de sistemas de transmissão de energia.

São objetivos específicos:

- i. Modelar um corredor de linha de transmissão de energia, na forma de estudo de caso, ampliando o universo de variáveis consideradas e promovendo a participação de atores;
- ii. Discutir os limites e potencialidades da modelagem implementada para a formulação de alternativas de corredores de linhas de transmissão no Brasil, no que tange os seguintes critérios: viabilidade para aplicação em projetos de LTs; potencial de complexificação de estudos locais; capacidade de canalização de diferentes análises e decisões; e nível de compreensibilidade e transparência para tomadores de decisão e demais atores envolvidos.

Para o alcance dos objetivos supramencionados, a dissertação está dividida em cinco capítulos. A introdução (cap. 1) busca apontar o problema científico, hipótese e os objetivos propostos para a pesquisa. O capítulo 2 inicia contextualizando a formulação de alternativas locais no âmbito da avaliação de impactos e licenciamento ambiental, apresenta o estado da arte do planejamento e licenciamento ambiental locacional de LTs no Brasil, e discorre acerca da aplicação de técnicas de análise multicritério em processos de modelagem espacial de corredores.

Em seguida (cap. 3) é apresentada a metodologia utilizada na pesquisa, com a caracterização do projeto escolhido para estudo de caso, considerações sobre a base de dados e materiais utilizados e a abordagem metodológica de modelagem de corredores adotada. Por fim, apresentam-se os resultados alcançados (cap. 4) e desenvolve-se discussões associadas à pesquisa (cap. 5).

Fundamentado por conceitos da AIA e da modelagem multicriterial espacial, tem-se como resultado esperado que esta pesquisa contribua para os debates que envolvem o aprimoramento contínuo dos estudos de alternativas locais de linhas de transmissão de energia e a qualificação da relação entre os agentes envolvidos no processo decisório e as atividades de planejamento e AIA do setor energético nacional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Por meio de uma revisão da literatura, esta etapa busca apresentar a contextualização técnica que se desenvolve a pesquisa, e os conceitos relacionados ao objeto de estudo e a metodologia.

Inicialmente busca-se sintetizar as origens da AIA e seu emprego no licenciamento ambiental brasileiro, em seguida apresentam-se elementos teóricos referenciais sobre a etapa de desenvolvimento de alternativas locacionais no âmbito da AIA, para em seguida apresentar-se o estado da arte do estudo de alternativas de linhas de transmissão de energia no país. Em seguida disserta-se sobre conceitos da análise multicriterial, sua relação com a modelagem espacial e sua aplicação na elaboração de alternativas de corredores.

2.1 – Avaliação de impactos e o licenciamento ambiental no Brasil

A avaliação de impactos ambientais (AIA), como um processo de suporte a tomada de decisão, iniciou-se nos Estados Unidos no final da década de 60, a partir da necessidade de se desenvolver mecanismos que assegurassem a implementação prática dos princípios e requisitos enunciados pela Lei da política nacional do meio ambiente daquele país, a *National Environmental Policy Act* (NEPA), aprovada em 1969 (SANCHÉZ, 2006).

Após este marco, a adoção do processo de AIA como procedimento para incorporar as questões ambientais no planejamento e outros processos decisórios se expandiu por muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento (EGLER, 1998).

Segundo Fowler e De Aguiar (1993) a introdução da AIA no Brasil é atribuída às exigências internacionais de financiamento, que surgiram principalmente depois que planos de desenvolvimento nacionais ganharam a atenção do mundo, como por exemplo a implantação de barragens hidrelétricas na Amazônia. Sem minimizar a influência que a atuação de agentes financeiros multilaterais e outras organizações internacionais tiveram na adoção do AIA em países em desenvolvimento, Sánchez (2006) indica que foram certas condições internas brasileiras, como a consolidação do movimento ambientalista e outros grupos sociais na década de 70, que propiciaram um avanço na formulação de uma agenda ambiental e aprovação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) em 1981. Dentre os

instrumentos elencados na PNMA para o alcance de seus objetivos, incluiu-se a Avaliação de Impactos Ambientais (BRASIL, 1981).

Em sequência, os princípios, etapas e procedimentos da AIA no Brasil foram definidos pela publicação da Resolução nº 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que regulamentou a parte referente a AIA constante na PNMA (EGLER, 1998). A supracitada norma considera impacto ambiental como

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam:

I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II – as atividades sociais e econômicas;

III – a biota;

IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V – a qualidade dos recursos naturais.” (BRASIL, 1986a).

Pode-se definir AIA como um “conjunto de procedimentos concatenados de maneira lógica, com a finalidade de analisar a viabilidade ambiental de projetos, planos e programas, e fundamentar uma decisão a respeito” (SANCHÉZ, 2006). Canter et al (1996) definem-na como a “identificação e avaliação sistemática de potenciais impactos (efeitos) de projetos, planos, programas ou legislações propostos, em relação aos componentes físicos, químicos, biológicos, culturais e socioeconômicos do meio ambiente”.

A *International Association for Impact Assessment* (IAIA) (2015), elenca os seus objetivos:

- i. Fornecer informações para a tomada de decisões que analisa as consequências biofísicas, sociais, econômicas e institucionais de ações propostas;
- ii. Promover a transparência e a participação do público no processo de tomada de decisão;
- iii. Identificar os procedimentos e métodos para o acompanhamento (monitoramento e mitigação de impactos adversos) no ciclo de etapas de projetos, planejamento e políticas.

iv. Contribuir para o desenvolvimento sustentável e ambientalmente saudável.

Outra abordagem utilizada é o da Avaliação Ambiental Estratégica (AAE), onde a avaliação enfoca políticas, planos e programas (PPPs). Quando comparado à AIA, a AAE busca ampliar a atuação da avaliação ambiental para momentos e hierarquia anteriores a decisão sobre o projeto (BINA, 2007). Segundo Pellin et al (2011), nos países em desenvolvimento as discussões acerca da AAE são recentes e o Brasil ainda não possui legislação específica sobre o tema, apesar de Sánchez (2008) e Teixeira (2008) discorrerem sobre casos e iniciativas que se assemelham a uma AAE (SANCHÉZ, 2008).

Um desses casos envolveu o complexo hidroelétrico do Rio Madeira, constituído por duas usinas hidroelétricas localizadas próximo a Porto Velho/RO, onde apesar do uso do AAE estar relacionado “à possibilidade de seus resultados poderem colaborar para a discussão dos referenciais estratégicos do planejamento regional (ocupação daquela região amazônica) e setorial (energia e transportes)” (TEIXEIRA, 2008), foi desenvolvido em momento onde “a decisão política inerente ao planejamento setorial de implantar o Complexo já estava sendo tomada” e ambos empreendimentos hidroelétricos já se encontravam em licenciamento ambiental (TEIXEIRA, 2008).

Em âmbito nacional, o processo de AIA está vinculado ao licenciamento ambiental, procedimento administrativo de caráter preventivo, onde a realização de atividades utilizadoras de recursos ambientais ou com potencial de degradação ambiental devem ser autorizadas previamente por um ente governamental (SANCHÉZ, 2006). Segundo Nicolaidis (2005), a partir da Resolução CONAMA nº 001/86 citada anteriormente,

todos os procedimentos de AIA ocorreram no âmbito do licenciamento ambiental, o que acabou por promover a subutilização do AIA como instrumento de planejamento, visto que deixou de ser aplicada em nível de políticas, de planos e de programas, passando a ser associada somente a projetos de desenvolvimento submetidos ao licenciamento ambiental.

Usualmente, o licenciamento segue um modelo trifásico com a expedição de três licenças, conforme apresentado a seguir (BRASIL, 1997), podendo suceder de forma diferenciada segundo particularidades específicas de cada jurisdição (municípios e estados) ou ainda de acordo com características do empreendimento e respectivas normativas especiais.

- Licença prévia: concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;
- Licença de instalação (LI): autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem caráter determinante;
- Licença de operação (LO): autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta nas licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

Em suma, conforme é apresentado por Lima e Magrini (2010), o processo de obtenção de cada licença ocorre em três etapas: uma etapa inicial, na qual o interessado solicita a licença; etapa preparatória, onde os elementos em que a decisão administrativa será baseada são recolhidos e; etapa conclusiva, quando a licença é concedida ou não. O Quadro 1 apresenta os componentes básicos de um processo genérico de AIA e sua relação temporal em um processo de licenciamento ambiental trifásico.

Quadro 1 – Componentes básicos de um processo genérico de AIA e sua relação temporal no processo de licenciamento ambiental trifásico (adaptado de SANCHÉZ, 2006 e LIMA; MAGRINI, 2010)

Etapa	Descrição	Quando ocorre no licenciamento
Apresentação da proposta	Início do processo, quando uma determinada iniciativa, como um projeto ou plano, é apresentada para aprovação ou análise de uma instância decisória.	Solicitação da LP
Triagem	Consiste no enquadramento da atividade a respeito do seu potencial de causar alterações ambientais significativas e, conseqüentemente, definição do tipo de estudos ambientais que	Solicitação da LP

	serão necessários.	
Determinação do escopo do estudo de impacto ambiental	Nos casos de necessidade de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), esta é a etapa quando são estabelecidos a abrangência e a profundidade dos estudos a serem feitos, em função da legislação e dos potenciais impactos do empreendimento.	Solicitação da LP
Elaboração do Estudo de Impacto Ambiental	Atividade central do processo, que deve ser preparado por equipe multidisciplinar, atender ao termo de referência estabelecido anteriormente e à legislação aplicável.	Solicitação da LP
Análise Técnica do estudo de impacto ambiental	Análise dos estudos, por uma terceira parte, usualmente por equipe do órgão ambiental competente, ou ainda de forma interinstitucional, em casos que diferentes órgãos tem que se manifestar sobre a atividade.	Solicitação da LP
Consulta pública	Momento de consulta formal à interessados e potenciais afetados pela atividade.	Solicitação da LP
Decisão	O modelo decisório é variável (competência de uma autoridade, de um governo, de um conselho, entre outros), se baseia nos resultados da análise técnica do estudo e pode chegar a quatro conclusões: não autorização da atividade, aprovação incondicional, aprovação com condições ou solicitação de modificações ou complementações das atividades anteriores.	Solicitação da LP
Monitoramento e gestão ambiental	Em sequência à uma decisão positiva, as fases de implantação, operação e desativação (quando aplicável) da atividade devem ser devidamente acompanhadas de forma que se	Solicitação de LI e LO

	garanta a implementação das medidas preventivas, mitigadoras e compensatórias.	
Acompanhamento	Inclui fiscalização, supervisão e/ou auditoria de forma a assegurar que as condições expressas na autorização sejam cumpridas.	Solicitação de LI e LO
Documentação	Refere-se ao registro da complexidade do processo e suas múltiplas etapas.	Solicitação de LP, LI e LO

No caso de alterações que provoquem impactos significativos, a AIA relativa a um determinado empreendimento é efetivada mediante um Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) (BRASIL, 1986). De acordo com Nicolaidis (2005), na tentativa de eliminar a subjetividade do conceito de impacto significativo, a legislação brasileira estabeleceu as atividades considerados potencialmente causadores de significativo impacto ambiental (BRASIL, 1986a; 1986b; 1988b; 1989; 1990; 2002; 2004a; 2004b; 2006; 2011a; 2011b). Em caso de projetos que não apresentem impactos significativos, outros tipos de estudos ambientais são exigidos.

Ainda segundo Nicolaidis (2005), o EIA é o principal meio de informação à sociedade sobre os riscos do projeto proposto e deve atender ao exposto na norma legal aplicável e no termo de referência definido na etapa de determinação de escopo. Do RIMA espera-se uma apresentação objetiva e em linguagem acessível das conclusões do EIA, de forma a permitir a compreensão sobre as vantagens e desvantagens do projeto, as consequências ambientais de sua implementação e servir como base para a discussão com a sociedade (BRASIL, 1986a; MPU, 2004).

2.1.1 – Estudos de alternativas locais no âmbito da avaliação de impactos

Como apontado por Sánchez (2006, grifo nosso), a determinação do escopo do projeto, uma das etapas iniciais do processo de AIA, consiste em se definir a abrangência e profundidade dos estudos que serão elaborados e tem como principais funções:

- i. dirigir os estudos para os temas que realmente importam;

- ii. estabelecer os limites e o alcance dos estudos;
- iii. planejar os levantamentos para fins de diagnóstico ambiental, definindo as necessidades de pesquisa e de levantamento de dados;
- iv. definir as alternativas a serem analisadas.

Brown e Hill (2012) tratam sobre a interação entre AIA e planejamento de projetos, com ênfase na etapa de definição do escopo, destacando potenciais fatores onde os estudos ambientais podem contribuir para o processo de planejamento e tomada de decisão, como a consideração de critérios ambientais, melhora da participação pública nas decisões relativas ao desenvolvimento e meio ambiente e o reforço da transparência explicitando os pressupostos e julgamentos utilizados para o alcance da decisão.

Khalsa et al (2009) afirmam que “a análise de alternativas típica para grandes projetos implica em ponderar custos e benefícios de cada alternativa com o objetivo de chegar a opção mais viável do ponto de vista técnico, econômico, ambiental e social”. Complementam que ao desconsiderar cuidadosamente os potenciais impactos ambientais e sociais, a tomada de decisão sobre o projeto básico pode perder oportunidades de prevenir riscos de reputação, sociais e ambientais desnecessários” (KHALSA et al, 2009).

Adicionalmente, Brown e Hill (2012) sugerem uma forma de abordagem onde a integração das equipes dos estudos ambientais às técnicas, ferramentas e conceitos de planejamento de projetos, fomentariam o papel da AIA como uma ferramenta capaz de contribuir com diretrizes ambientais pertinentes e em tempo útil para cada um dos pontos de decisão presentes em um processo de planejamento.

O estudo de alternativas locais é parte integrante do processo de planejamento de projetos e, no âmbito da AIA, pode ser compreendida como o estudo comparativo de locação de um determinado empreendimento, sob critérios técnicos, econômicos, sociais e ambientais, que visa propiciar uma análise e subsidiar uma decisão. Steinemann (2001) afirma que a parte mais importante do processo de AIA está em desenvolver um conjunto de alternativas que permitam escolhas e se tornem o centro da análise, que contribuam não apenas para o objetivo de um determinado projeto, mas também propósitos sociais mais amplos, como a proteção e promoção da qualidade ambiental.

Constata-se que a investigação de alternativas está prevista no marco regulatório brasileiro, no artigo 5º da Resolução nº 001/86 que dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental (BRASIL, 1986a, grifo nosso):

“Art. 5º O estudo de impacto ambiental, além de atender à legislação, em especial os princípios e objetivos expressos na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, obedecerá as seguintes diretrizes gerais:

I – Contemplar todas as alternativas tecnológicas e de localização de projeto;

II – Identificar e avaliar sistematicamente os impactos ambientais gerados nas fases de implantação e operação da atividade;

III – Definir os limites da áreas geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a bacia hidrográfica na qual se localiza;

IV – Considerar os planos e programas governamentais, propostos e em implantação na área de influência do projeto, e sua compatibilidade”

De acordo com Steinemann (2001), o fluxo de ações que visam o desenvolvimento de alternativas na AIA é composto por sete etapas, conforme apresentado na figura 1:

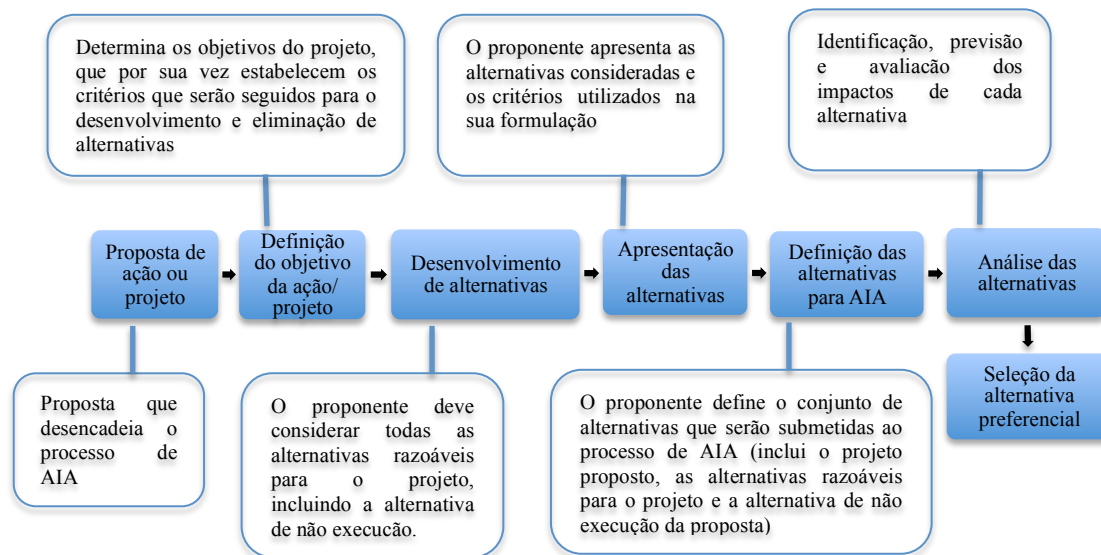


Figura 1 – Fluxo de etapas para o desenvolvimento de alternativas (adaptado de STEINEMANN, 2001)

Ao promover apontamentos acerca da AIA e sua relação com um planejamento espacial sustentável no Reino Unido e na União Européia, nos atendo apenas às suas reflexões sobre a consideração de alternativas, Benson (2003) conclui que a AIA é falha, sob os seguintes argumentos: por estar focada apenas no projeto alvo; por ser conduzida pelo próprio proponente da ação; pelo tempo que é preparada; e pela dificuldade de se incluir no estudo a avaliação da alternativa de não se implementar o projeto, justamente pela envolvimento do empreendedor no processo.

Bond (2003) acompanha em parte os argumentos de Benson (2003), acrescentando que a deficiência na investigação de alternativas estaria atribuída à falta de postura proativa das autoridades competentes e propõe a utilização de outros modelos de avaliação de impacto a nível de projeto, para se atingir um planejamento sustentável. Por outro lado, Brookes e Miller (2003) destacam o “espírito da AIA” como ferramenta que interage com o processo de desenvolvimento, apontando a crescente interação entre as equipes de projeto e de avaliação de impacto em fases iniciais, o que potencializa a influência sobre um projeto de incluir princípios de sustentabilidade. Tomlinson (2003) propõe a limitação da AIA nas questões de medidas de concepção, mitigação e melhoria do projeto e incorporação da análise de alternativas em um modelo de avaliação ambiental estratégica (AAE).

Steinemann (2001) enfatiza a necessidade de aprimorar o desenvolvimento de alternativas na AIA, e propõe quatro recomendações:

- i. necessidade de incorporação da AIA no processo de planejamento;
- ii. adoção de critérios ambientais explícitos na triagem das alternativas;
- iii. que as alternativas reflitam melhor as metas da sociedade, por meio do envolvimento do público em decisões estratégicas;
- iv. necessidade de revisão da atual sequência decisória – proposição de medidas, definição de propósito, desenvolvimento de alternativas e posterior análise – para um processo de desenvolvimento de alternativas que componha um quadro de gestão ambiental mais amplo, dinâmico e continuamente em melhoria.

Ao avaliar EIAs no Brasil, as seguintes deficiências relativas à etapa de análise de alternativas foram identificadas pelo MPU (2004): estudos com ausência de proposições de alternativas, apresentação de alternativas reconhecidamente inferiores à selecionada,

prevalência dos aspectos econômicos sobre os ambientais na escolha das alternativas e a execução de comparação de alternativas a partir de base de conhecimento diferenciada.

Agra-filho (2003, apud EGLER, 1998), identifica diversos problemas em estudos desenvolvidos no país e aponta como principal razão para a falta de consideração de alternativas a ausência de uma efetiva integração entre o licenciamento ambiental e outras etapas do processo de decisão, indicando que os projetos costumam ter aprovação prévia por outros níveis de governo, por exemplo por instituições financeiras, e somente após superada esta submissão, é que se encaminham para a AIA presente no licenciamento.

2.1.2 – Estado da arte dos estudos de alternativas locais de linhas de transmissão de energia no Brasil

A implantação e operação de linhas de transmissão (LTs) de energia provocam impactos ao ambiente e às pessoas, como fragmentação de habitats (ANDREWS, 1990; LAURANCE; YENSEN, 1991), impactos na avifauna (KING et al, 2009; ASKINS; FOLSOM-O'KEEFE; HARDY, 2012), na biodiversidade (SÖDERMAN, 2006), exposição humana a campos eletromagnéticos (MATTOS; KOIFMAN, 1994; HABERMANN et al, 2010), impactos visuais (HADRIAN; BISHOP; MITCHELTREE, 1988; SONI et al, 2011) e impactos em áreas urbanas (SUMPER et al, 2010).

De acordo com a norma brasileira referência para a AIA, o licenciamento de LTs (com tensão acima de 230kV) “depende de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental – RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão ambiental competente” (BRASIL, 1986a).

Para Weedy (1989) a avaliação do impacto ambiental de LTs exige “a coordenação de vários fatores, tais como fatores ambientais, elétricos, sociais, estéticos e socioeconômicos”. Os impactos deste tipo de empreendimento variam de benefícios positivos, como uma melhora na prestação do serviço, para aspectos negativos como por exemplo o aumento do ruído, riscos e outros impactos ambientais (CHURCH; LOBAN; LOMBARD, 1992).

Church, Loban e Lombard (1992, tradução nossa) afirmam que a legislação ambiental e as boas práticas de planejamento requerem que sejam exploradas alternativas que assegurem a identificação do melhor percurso:

“a idéia é localizar uma rota ou caminho através de uma paisagem ou ao longo de instalações ou de direitos existentes, de tal forma que critérios como custo, segurança, impacto ambiental e estética sejam todos simultaneamente considerados”.

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica no Brasil, denominado Sistema Interligado Nacional (SIN), é composto por empreendimentos de produção e transmissão localizados em todas as regiões do país (ONS, 2015). Segundo a ONS (2015), apenas 1,7% da energia requerida encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados na região amazônica. A figura 2 ilustra a integração eletroenergética do SIN.

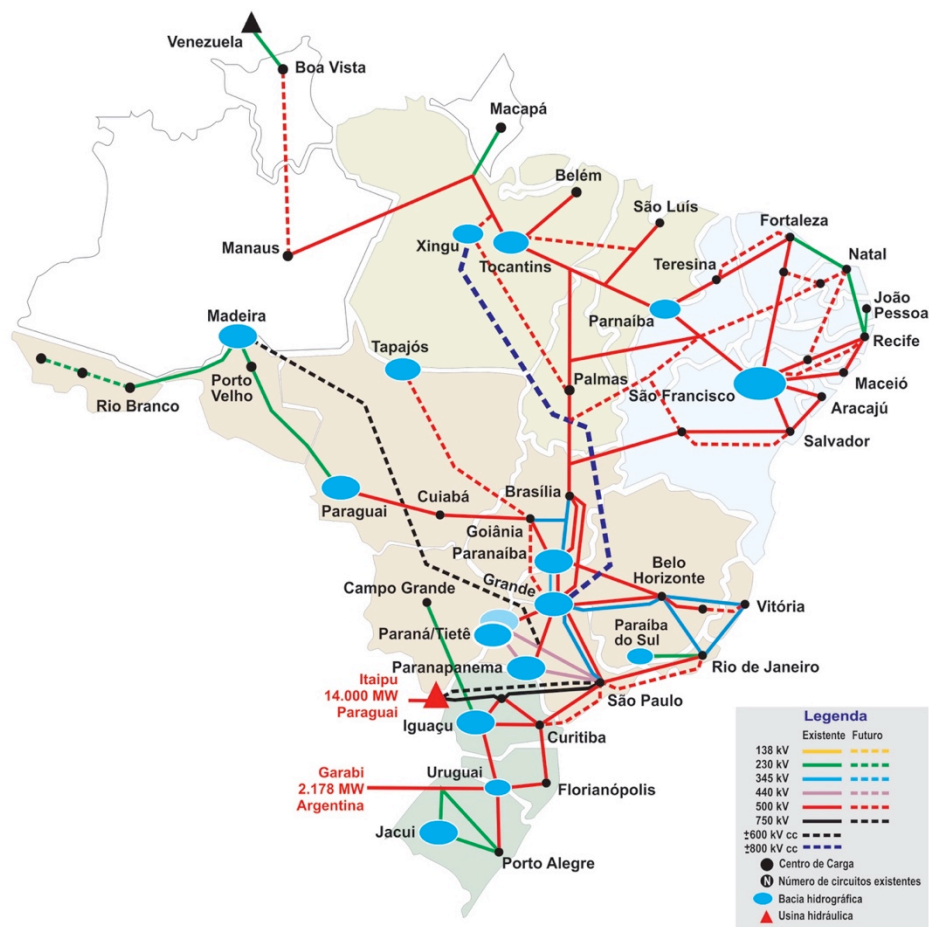


Figura 2 – Integração eletroenergética do Sistema Interligado Nacional (ONS, 2015)

2.1.2.1 – Quando são desenvolvidos os estudos e análises locais?

No âmbito da expansão da rede de transmissão nacional de energia, os estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor elétrico são atribuição da EPE (CARDOSO JR, 2014; EPE, 2005). A EPE é uma empresa pública, vinculada ao Ministério

de Minas e Energia (MME), este último, órgão da administração federal direta que representa a União em diferentes segmentos, como os recursos energéticos (CARDOSO JR, 2014).

Com base nestes estudos e em diretrizes estabelecidas pelo MME, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) realiza os procedimentos licitatórios para a concessão ou permissão destes empreendimentos (BRASIL, 2014). Entre outras funções, a ANEEL, agência também vinculada ao MME, possui como atribuição regular e fiscalizar a geração, a transmissão, a distribuição e a comercialização da energia elétrica (CARDOSO JR, 2014).

No atual modelo regulatório do setor elétrico brasileiro, a implantação e operação de empreendimentos de transmissão se dão por meio de concessões a empresas (privadas, públicas ou consórcios com a participação de ambas) (CARDOSO JR, 2014). A EPE é a responsável pelos estudos e relatórios necessários ao processo licitatório (EPE, 2005) e as empresas vencedoras, denominadas concessionárias, são responsáveis pelo desenvolvimento do projeto, condução do licenciamento ambiental, implantação do empreendimento e operação pelo período definido no contrato de concessão. A figura 3 demonstra as principais etapas do processo de licitação de um novo projeto de transmissão e sua relação com o planejamento e licenciamento ambiental.

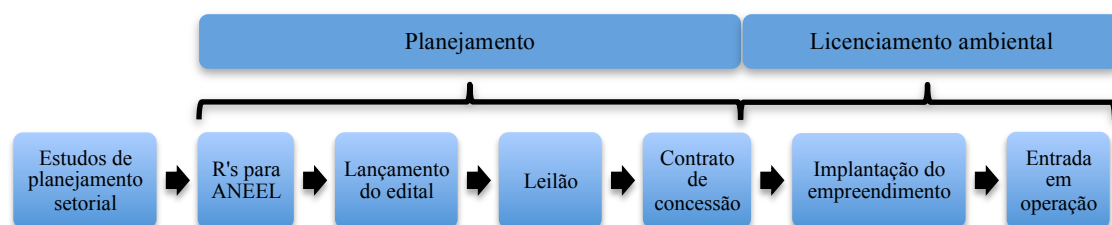


Figura 3– principais etapas do processo de concessão de linhas de transmissão de energia (adaptado de CAMPOS, 2010).

De acordo com EPE (2005), são quatro os estudos elaborados para subsidiar o leilão de cada novo projeto: o Relatório R1, que visa a demonstração de sua viabilidade técnico-econômica e socioambiental; o relatório R2 com o detalhamento técnico da alternativa de referencia; o relatório R3 com a caracterização socioambiental do corredor selecionado e; o relatório R4 que apresenta os requisitos do sistema circunvizinho, de forma a se assegurar uma operação harmoniosa entre a nova obra e as instalações existentes. Em termos de planejamento locacional, alternativas de corredores são avaliadas na elaboração do Relatório

R1, enquanto que no relatório R3, apresenta-se a caracterização socioambiental do corredor selecionado e proposta de diretriz de traçado EPE (2005).

Em um país de dimensões continentais como o Brasil, o planejamento locacional de projetos de transmissão é desafiador. Considerando que os principais empreendimentos de geração de energia estão sendo implantados na região norte do país, distante dos principais consumidores de energia localizados nas regiões sul e sudeste (CARDOSO JR, 2014), o transporte da energia se dá por meio de extensos projetos de LTs. A figura 4 apresenta um mapa de classificação do consumo de energia elétrica por estado em 2014, indicando os estados com maior consumo de energia (nas regiões sul e sudeste), e a localização dos principais projetos de geração de energia atuais (na região norte), de forma a ilustrar a configuração supradescrita.

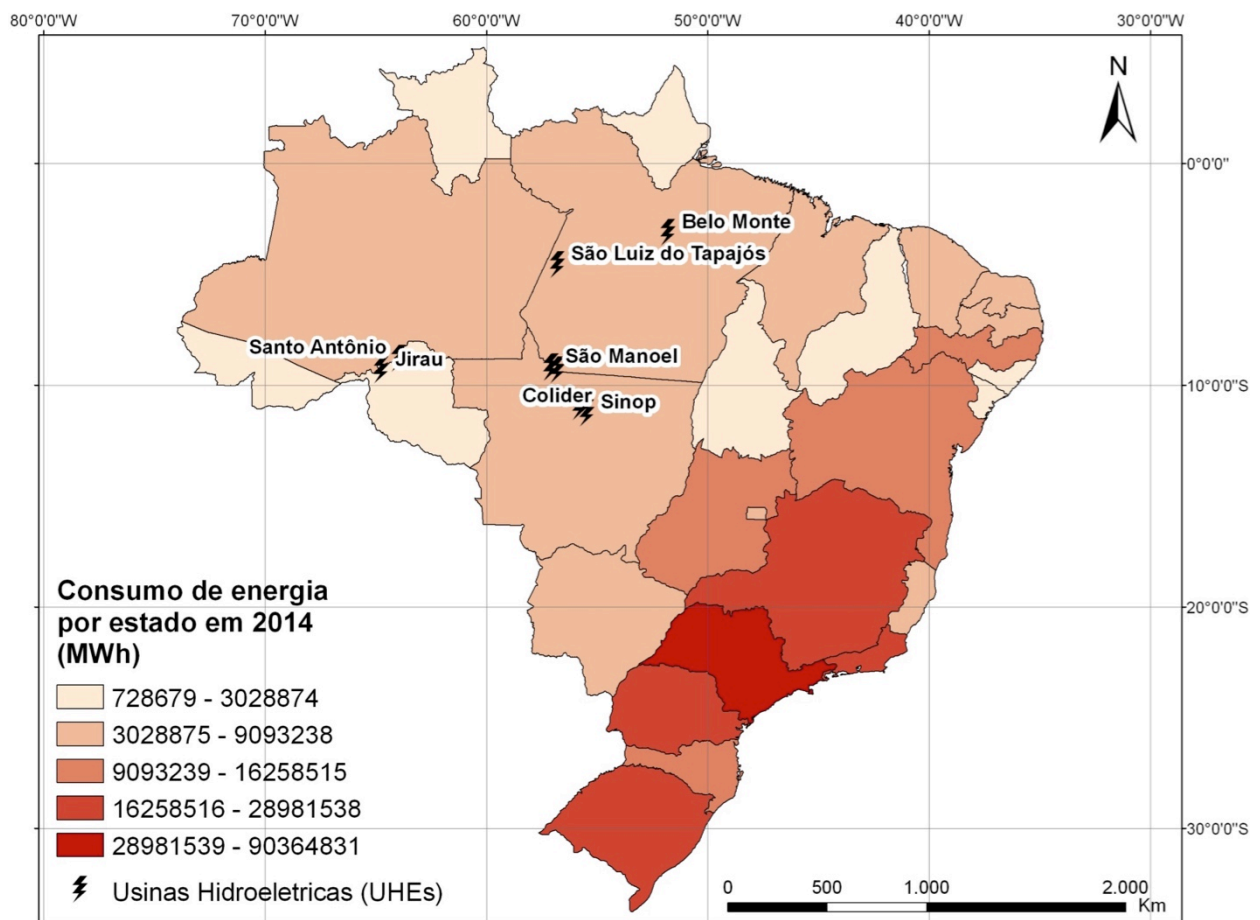


Figura 4 – Consumo de energia por estado e localização dos atuais principais projetos de geração de energia (ANEEL, 2015b).

Em termos de planejamento locacional, alternativas de corredores são avaliadas na elaboração do Relatório R1 enquanto que no relatório R3, apresenta-se a caracterização socioambiental do corredor selecionado e proposta de diretriz de traçado (EPE, 2005). No âmbito do relatório R1 efetua-se uma análise dos aspectos socioambientais que procura, sob um ponto de vista socioambiental e econômico-constructivo, identificar áreas mais favoráveis para implantação do empreendimento, em escala de corredor (EPE, 2005). O Relatório R3 tem como objetivo, por meio da caracterização socioambiental do corredor selecionado no Relatório R1, prover a ANEEL (quem irá conduzir o leilão referente ao empreendimento) informações sobre a viabilidade de execução da obra, avaliando-se possíveis dificuldades a serem solucionadas pelo futuro concessionário (EPE, 2005).

Segundo a EPE (2005), considerando a caracterização dos meios físico, biótico, socioeconômico e cultural, e sua análise integrada, o R3

“deve apresentar o resultado das avaliações socioambientais preliminares relativas ao corredor de passagem proposto e de análises “in-loco” da exequibilidade do empreendimento, identificando uma diretriz preferencial para o encaminhamento da LT, do ponto de vista econômico e socioambiental, bem como sob o aspecto construtivo”

Em suma, o Relatório R1 estuda alternativas de corredores (com cerca de 10 a 20Km de largura) e seleciona um corredor preferencial, para nas etapas posteriores – Relatório R3 - estudar-se a melhor localização da diretriz de traçado da linha de transmissão dentro deste corredor (EPE, 2005). Pode-se entender como traçado a área definida para implantação da faixa de servidão e instalação propriamente dita das estruturas de transmissão de energia (torres e cabos). O corredor selecionado no desenvolvimento do Relatório R1 e a diretriz preferencial identificada no Relatório R3 subsidiam, em termos locacionais, a licitação realizada pela ANEEL.

No âmbito do licenciamento ambiental, o estudo de alternativas ocorre na sua fase inicial, quando do requerimento de licença prévia, conforme orientado pela norma aplicável (BRASIL, 1986a). De acordo com Sánchez (2006), “a busca e comparação de alternativas é um dos pilares da avaliação de impacto ambiental”, na medida em que uma das vantagens do processo de AIA é o estímulo ao estudo de alternativas, “que sequer seriam consideradas se o projeto não tivesse que passar por um teste de viabilidade ambiental” (SANCHÉZ, 2006).

Como bem observa Cardoso JR (2014), de forma distinta ao que ocorre para projetos de geração de energia, os empreendimentos de transmissão de energia são leiloados pela ANEEL somente com os Relatórios R1, R2, R3 e R4, ainda sem a comprovação da sua viabilidade ambiental, ou seja, sem a devida avaliação ambiental destes estudos. Complementa:

“cabe então ao vencedor da concessão iniciar o processo de Licenciamento Ambiental, passando por todas as suas etapas iniciais, o que inclui a realização do Estudo de Impacto Ambiental, de Audiências Públicas, etc., para então conferir ao órgão ambiental licenciador a certeza da viabilidade ambiental do empreendimento, a partir da emissão da Licença Prévia” (CARDOSO JR, 2014).

Conforme apresentado na figura 5, constata-se a duplicidade de estudos e análises locais (R's e estudos exigidos no licenciamento), visto que tanto a EPE quanto as concessionárias realizam estudos de alternativas locais, cada uma em momentos distintos do ciclo de vida de um novo projeto, sendo a segunda ao requerer a licença prévia do empreendimento junto ao órgão ambiental competente, utilizando como principal referência os estudos feitos pela primeira.

Esta estruturação de etapas traz relevantes desafios ao procedimento de licenciamento ambiental de LTs, enfrentado pelos órgãos ambientais e pelas concessionárias, visto que as empresas compõem as suas propostas para os leilões com base em estudos de alternativas locais que não se encontram aprovadas pelo órgão ambiental competente.

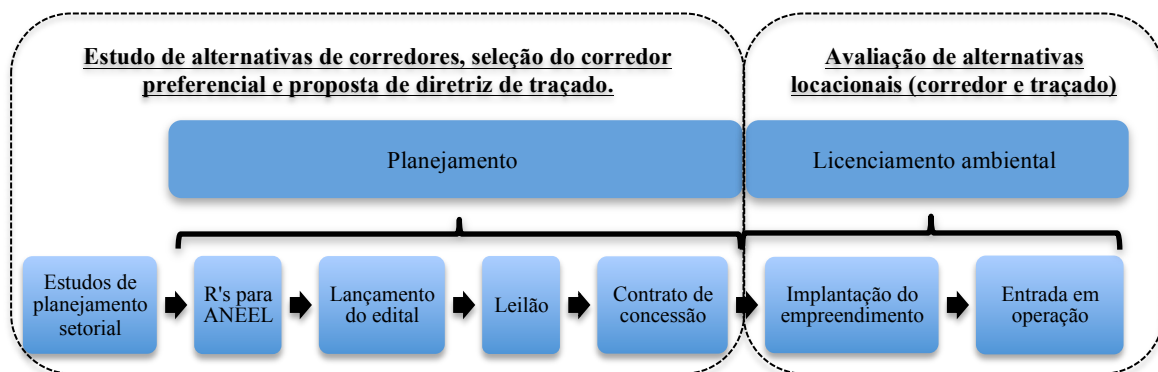


Figura 5 – Estudo de alternativas locais do fluxo de etapas de concessão de linhas de transmissão (adaptado de CAMPOS, 2010).

2.1.2.1 – Como são desenvolvidos os estudos e análises locais?

Steinemann (2001) destaca que profissionais e pesquisadores tem-se centrado mais na análise das alternativas, em vez de desenvolver boas alternativas. Weedy (1989) apresenta três técnicas usualmente utilizadas na formulação de alternativas de corredores para LTs:

- métodos de sobreposição;
- avaliação de impactos utilizando modelos computacionais e;
- abordagens de análise de redes.

Os métodos de sobreposição consistem no “empilhamento” de mapas que representem variáveis importantes para a área de estudo, compondo um mapa final com áreas mais ou menos favoráveis (WEEDY, 1989), conforme ilustrado pela figura 6.

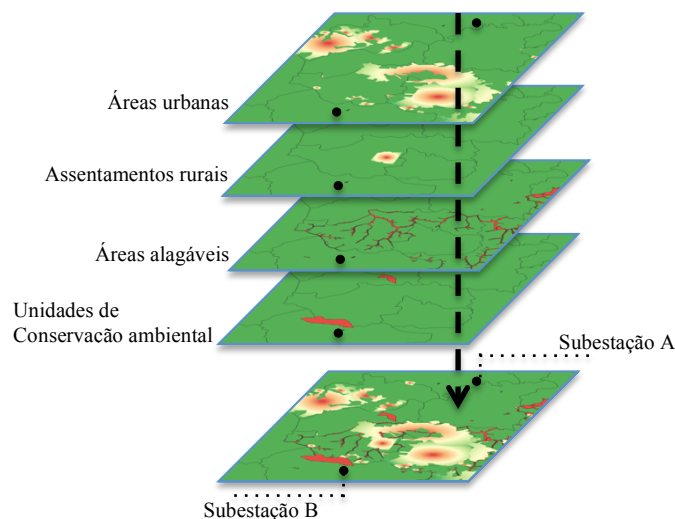


Figura 6 – Estrutura esquemática do método de superposição de mapas

Já as técnicas de modelagem computacional (figura 7) implicam na divisão da região de estudo em células, classificação e definição de pesos, considerando diferentes variáveis que indicam as condições naturais, culturais ou de atividades incidentes em cada célula, para posterior soma que resulta na geração de corredores, compostos pelo sequenciamento de células mais ou menos pontuadas, segundo os pesos atribuídos (WEEDY, 1989).

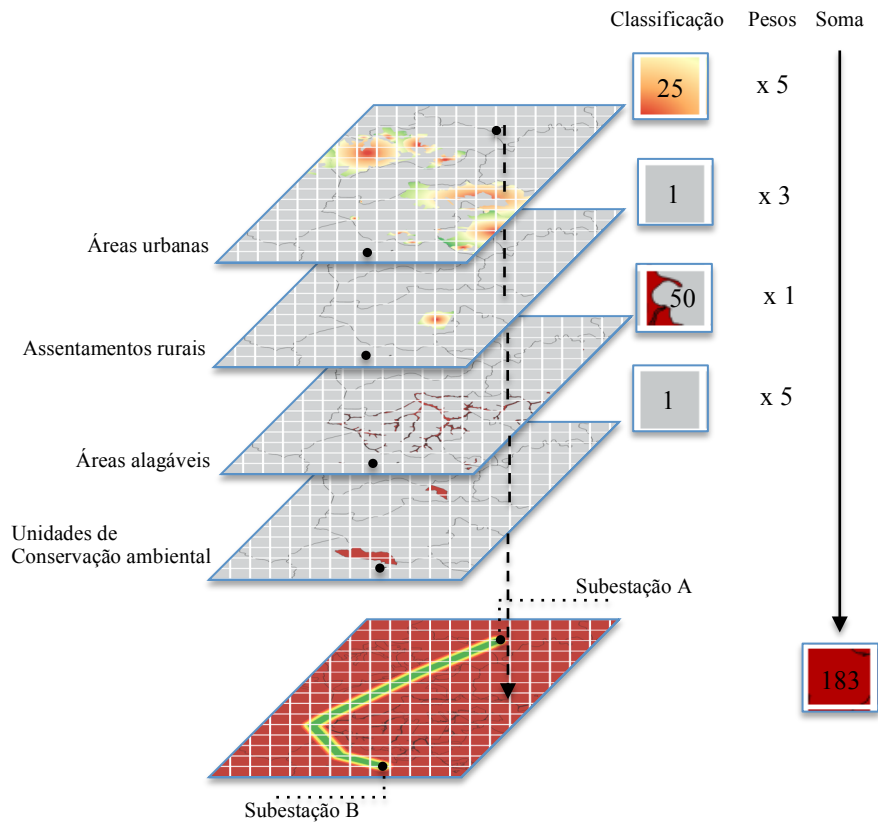


Figura 7 – Estrutura esquemática da técnica de modelagem

Por fim a abordagem de análise de redes (figura 8) é utilizada quando as duas técnicas supramencionadas resultam em muitos corredores alternativos e, similarmente a técnica de modelagem, se utiliza de uma análise de “custo” comparativo entre as opções, por meio da pontuação das alternativas, estruturando-as na forma de uma rede, onde cada corredor corresponde a uma ligação ou nó (WEEDY, 1989).

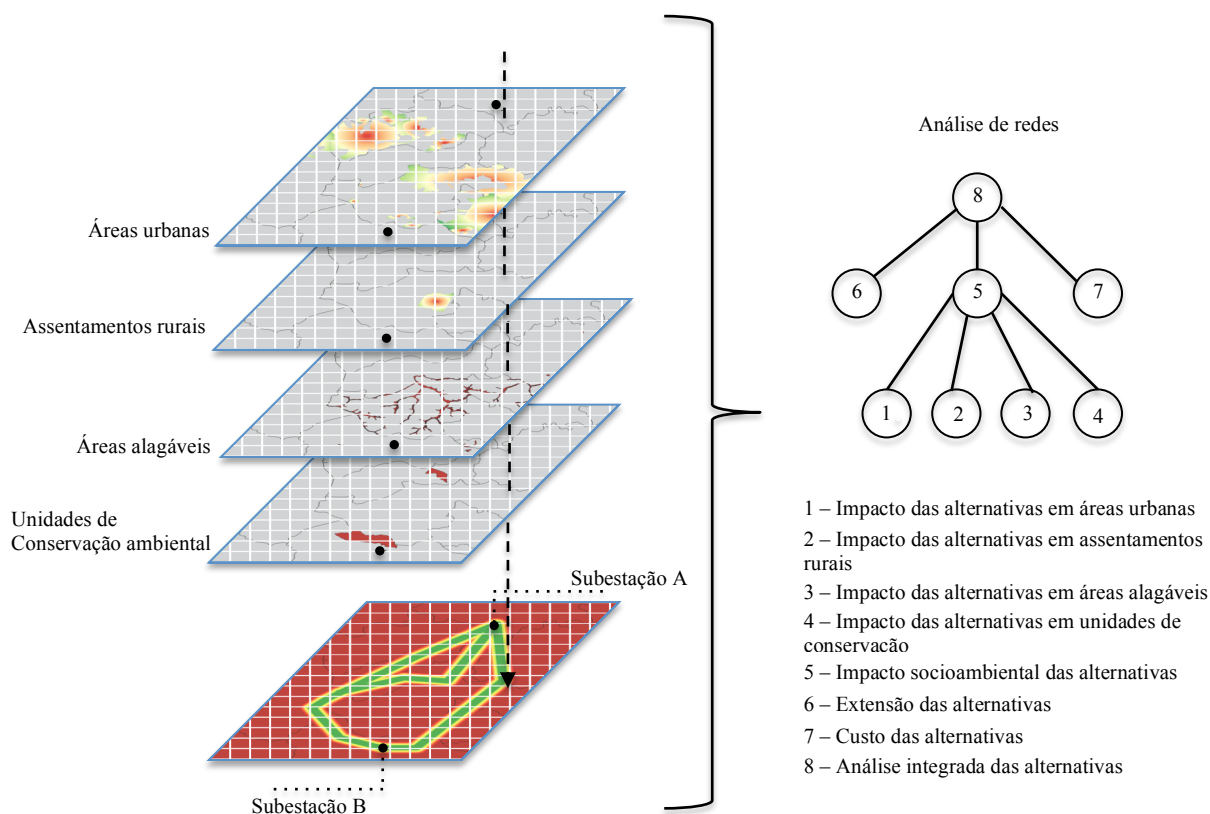


Figura 8 – Estrutura esquemática e exemplo de aplicação da técnica de análise de redes

Conforme EPE (2005), a seleção da melhor alternativa de corredor durante os estudos do Relatório R1, é desenvolvida por meio de um

“Sistema de Informação Geográfica (SIG) para superposição e análise de informações, que permite a identificação das áreas mais favoráveis à implantação do sistema de transmissão, bem como daquelas áreas de maior complexidade (unidades de conservação, terras indígenas, núcleos urbanos, florestas e outros ecossistemas importantes), tanto do ponto de vista socioambiental quanto econômico-constructivo, configurando-se em áreas que devem ser evitadas”.

Complementarmente, além da utilização de um SIG, os corredores são delineados com o auxílio de imagens de satélite disponíveis no aplicativo *Google Earth Pro* (MME; EPE, 2013). A figura 9 apresenta, a título de exemplo, o corredor definido no R1 referente a LT que interligará a energia produzida pela UHE Belo Monte a uma subestação localizada no estado de Minas Gerais.

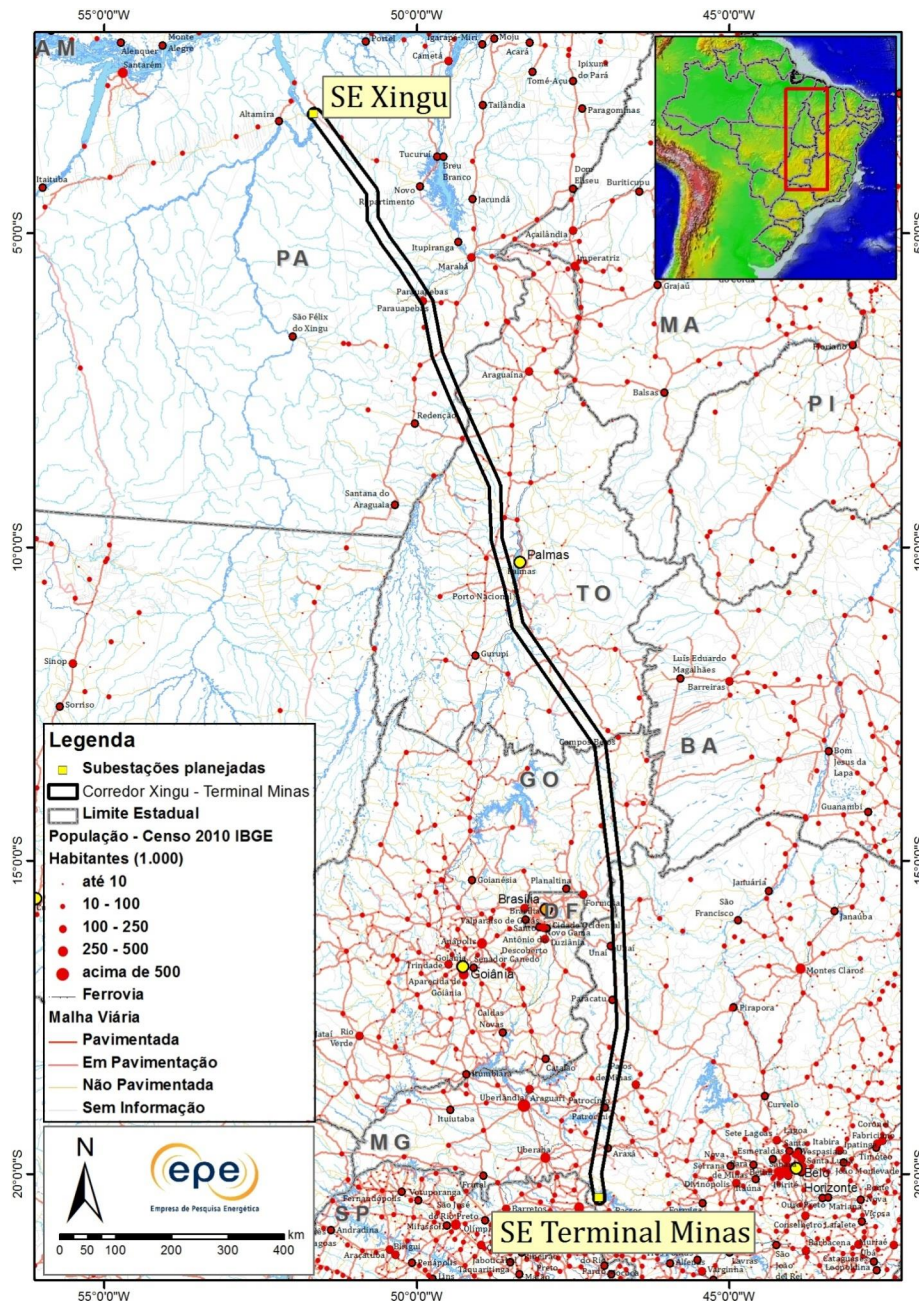


Figura 9 – Corredor preferencial definido no Relatório R1 referente a LT Xingu – Terminal Minas (MME; EPE, 2013).

Segundo Weedy (1989) as técnicas de sobreposição apresentam necessidades de complementação, visto que não possuem procedimentos de otimização matemática, não observa-se interrelação entre as diferentes localizações e poucos valores podem ser atribuídos a cada parâmetro, já que se trata de interceptar o corredor ou não.

Esta consideração pode ser verificada no exemplo da figura 9, tendo em vista que o mapa fornece uma informação básica, sobre se localizar dentro ou fora do corredor delineado,

demandando outros mapas e complementações descritivas para transmitir as características da alternativa selecionada.

Já no âmbito do licenciamento ambiental, a formulação de alternativas é apresentada nos estudos ambientais submetidos para análise do órgão ambiental competente. Conforme já exposto, nesta etapa há o desenvolvimento de alternativas de traçado com base no corredor selecionado anteriormente, delineados também por técnicas de sobreposição de mapas, diferenciando-se na escala de estudo, já que se tratam de proposições de localização das estruturas da LT em nível de traçado, o que demanda dados mais detalhados quando comparado ao estudo de corredor.

Em relação às variáveis consideradas nos estudos, a MME e EPE (2013) afirmam que ao se delinear os corredores, “procura-se selecionar áreas em processo de antropização ou com acessos já abertos” e busca-se

“evitar interferências com Terras Indígenas (TI), Unidades de Conservação (UC) e respectivas zonas de amortecimento, áreas urbanas e periurbanas, Projetos de Assentamento do Incra (PA), Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (APCBs), cavernas, áreas com vegetação nativa, áreas alagáveis e aeródromos, entre outras áreas com restrição de uso.”

A Portaria 421 de 26 de outubro de 2011 publicada pelo MMA, apresenta critérios, listados a seguir, que direcionam o enquadramento do projeto para um procedimento simplificado de licenciamento, que conseqüentemente são considerados no desenvolvimento dos estudos de alternativas submetidos para análise dos órgãos ambientais competentes:

- Interferência em unidades de conservação de proteção integral;
- intervenção em terras indígenas, territórios quilombolas, cavidades naturais subterrâneas, sítios de reprodução e descanso identificados nas rotas de aves migratórias ou sítios de endemismo restrito e espécies ameaçadas de extinção reconhecidas oficialmente;
- remoção de população que implique na inviabilização da comunidade e/ou sua completa remoção;
- extensão;
- porcentagem de supressão de vegetação nativa em relação à área total da faixa de servidão;

- implantação da LT ao longo de faixa de domínio de rodovias, ferrovias, linhas de transmissão e outros empreendimentos pré-existentes.

As referências supracitadas demonstram a complexa composição do território brasileiro e ilustram a gama de variáveis que hoje devem ser consideradas no desenvolvimento de alternativas. No entanto, por meio de técnicas de sobreposição não é possível compreender como cada variável foi considerada no estudo ou qual a sua influência nas alternativas estudadas e na alternativa preferencial definida.

Quanto à participação popular, similar ao que é apontado por Steinemann (2001) ao retratar o desenvolvimento de alternativas na AIA, não se identifica a consideração de valores do público na formulação das alternativas de corredores, limitando a participação popular aos mecanismos previstos no rito do licenciamento ambiental, que conforme já exposto, ocorre após o processo licitatório, momento posterior à seleção do corredor preferencial.

Enquanto que alguns entendimentos defendem a participação popular como uma forma de poupar tempo em etapas posteriores no processo político, antecipando contestações e esclarecendo potenciais riscos (BOEZEMAN et al, 2014) há, em paralelo, o receio de alguns proponentes que uma decisão “técnica” sobre a viabilidade ambiental do projeto torne-se “política” quando há um debate público (SANCHÉZ, 2006).

Considerado por Sánchez (2006) uma das características mais marcantes do processo de avaliação de impacto ambiental, tendo em vista os possíveis impactos a recursos ambientais que pertencem à coletividade, bem como a alteração da qualidade de vida de comunidades direta ou indiretamente afetadas, constata-se um vácuo participativo nos estudos locais desenvolvidos na etapa de planejamento.

Nicolaidis (2005) desenvolve uma análise do processo de AIA brasileiro e, ao tratar a respeito da participação pública, conclui acerca da sua restrição ao momento das audiências públicas, onde ainda assim é limitada, e sugere a inserção de mecanismos participativos em outras fases do processo, de forma a antecipá-la e estendê-la. A audiência pública é um instrumento onde “a autoridade competente abre espaço para que todas as pessoas que possam sofrer os reflexos dessa decisão tenham oportunidade de se manifestar antes do desfecho do processo” (SOARES, 2012). “Tais opiniões não vinculam a decisão, visto que têm caráter consultivo, e a autoridade, embora não esteja obrigada a segui-las, deve analisá-las segundo seus critérios, acolhendo-as ou rejeitando-as” (SOARES, 2012).

Ademais outras considerações acerca da influência que a participação possa ter na melhoria dos projetos, ressalta-se os impactos provocados pela implantação de LTs em comunidades ou proprietários de terra que possuem pouca ou nenhuma voz nas atuais formas de participação presentes no licenciamento ambiental brasileiro. Em especial os aspectos relativos ao desconforto visual, impacto na paisagem, prejuízos a saúde humana e redução do valor da terra (SOINI et al, 2011) e interferência em espaços de valor cultural local.

A questão é que a participação ocorrendo apenas na etapa de estudo locacional em nível de traçado, insere-se tardiamente novos elementos a análise em foco, quando importantes decisões já foram tomadas. A título de exemplo, durante vistoria de análise de requerimento de licença prévia da LT 600kV CC Coletora Porto Velho – Araraquara 2, nº 1 por equipe do órgão ambiental federal, registrou-se a interferência do traçado proposto em um cemitério, igreja, “pesqueiro” e ainda a inviabilização de uma propriedade que já era interceptada por outras LTs, (BARROS et al, 2010), aspectos não identificados nos estudos de planejamento e na proposta de traçado da concessionária.

De forma suplementar, destaca-se a complexidade institucional presente nas etapas pré-licitatórias e no licenciamento ambiental, visto que há o envolvimento de diferentes atores ao longo da execução do projeto, cada um com responsabilidades distintas no fluxo decisório (planejamento, execução e regulação).

No licenciamento, por exemplo, além da presença do empreendedor e do órgão licenciador há a atuação de outros agentes como entidades municipais, órgãos intervenientes (Fundação Nacional do Índio - FUNAI, Fundação Cultural Palmares - FCP, Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional - IPHAN e Ministério da Saúde - MS), instituições gestoras de unidades de conservação, ministérios públicos (MP), organizações da sociedade civil, Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e outros (LIMA; MAGRINI, 2010).

Na etapa que antecede a licitação do empreendimento, constata-se a atuação das entidades responsáveis pelos estudos que subsidiam o leilão, como a EPE, a ONS, o MME e as empresas privadas que desenvolvem os Relatórios R2, R3 e R4; a ANEEL, responsável pela execução do leilão; e o Tribunal de Contas da União (TCU), responsável pela fiscalização dos editais e dos contratos de concessão.

Os casos já mencionados ao longo deste trabalho ilustram os problemas que podem surgir a partir desta configuração interinstitucional. A LT 600kV CC Coletora Porto Velho – Araraquara 2, nº 1 teve que alterar o seu traçado tardiamente devido a viabilização de um empreendimento minerário interferente ao traçado que já se encontrava aprovado pelo órgão ambiental competente, fato que acarretou atrasos e prejuízos diante da reformulação do projeto e reanálise pelo órgão ambiental (SENA et al, 2013), evento que poderia ter sido antecipado na relação junto ao DNPM. A LT Manaus-Boa Vista enfrenta dificuldades de obtenção da sua licença prévia frente a interferência em uma Terra Indígena (MORAES et al, 2014; BORGES; WARTH, 2015), situação que poderia ser mitigada previamente junto a FUNAI.

Ocorre que cada entidade atua de acordo com a sua competência, em momento previamente estabelecido segundo a legislação e o modelo vigente, proporcionando um fluxo não integrado de decisões e análises, que acabam contribuindo para os problemas identificados no processo. Identifica-se um cenário de fragmentação de responsabilidades e ausência de diálogo onde, por exemplo, as entidades de planejamento não possuem ferramentas para captar as demandas que serão solicitadas no licenciamento e vice-versa. A figura 10 procura ilustrar esta configuração.

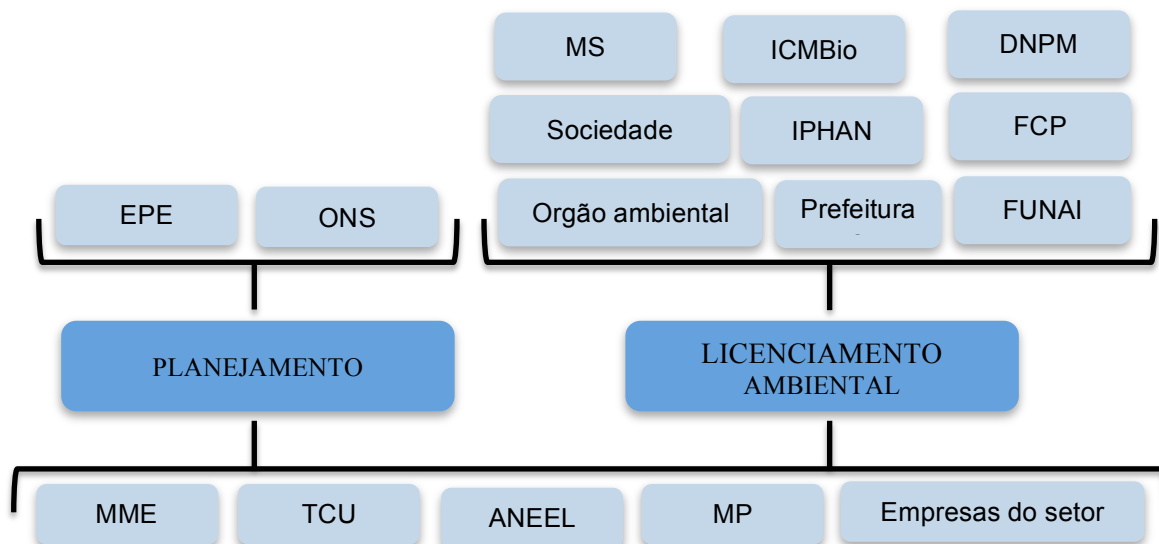


Figura 10 – Esquema exemplificativo da atuação institucional no planejamento e licenciamento ambiental de Linhas de Transmissão de Energia

2.2 – Modelagem multicriterial de Corredores

2.2.1 – Análise e tomada de decisão por múltiplos critérios, geoprocessamento, SIG e Modelagem espacial

De acordo Malczewski (2006), “problemas de decisão espacial normalmente envolvem um grande conjunto de alternativas viáveis e múltiplos, conflitantes e incomensuráveis critérios de avaliação”. São avaliados por um número diverso de indivíduos (tomadores de decisão, gestores, partes interessadas, grupos de interesse), que por sua vez são caracterizados por preferências únicas no que diz respeito à importância relativa dos critérios que subsidiam uma análise (MALCZEWSKI, 2006).

O processo de tomada de decisão multicriterial, ou *multiple criteria decision making* (MCDM), surge como ferramenta de apoio a tomadores de decisão na seleção de uma melhor alternativa, em situações onde um conjunto de alternativas pré-selecionadas, múltiplos critérios e diferentes prioridades devem ser considerados (JANKOWSKI, 1995). Nobrega et al (2009, p. 624, tradução nossa) definem MCDM como “uma metodologia sistemática para gerar, classificar, comparar e selecionar múltiplas alternativas conflitantes, utilizando diferentes fontes de dados e atributos”.

Em contraste com as técnicas tradicionais de análise de custo e benefício, ou *cost-benefits analysis* (CBA), que promovem a monetização de critérios, métodos MCDM podem oferecer maior compreensão aos usuários sobre o entendimento da decisão e possibilitar a obtenção de valores diretamente junto a partes interessadas, enquanto que por outro lado podem apresentar uma “poluição” de informações que dificultem a interrelação dos agentes atuantes e dificuldades de repetição nos resultados considerando a diversidade dos atores que participam do processo (HOBBS; MEIER, 2011). Segundo Guhnermann, Laird e Pearman (2012) MCDM podem superar várias limitações da CBA, como por exemplo ao possibilitar o uso de critérios que não podem ser expressos em uma escala monetária ou serem facilmente quantificados, mas que são importantes ao processo decisório, como por exemplo efeitos ambientais ou aqueles relacionados a objetivos políticos estratégicos.

Na literatura relacionada ao tema identificam-se diferentes métodos de MCDM, como o *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) (HWANG e YOON, 1981), o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (SAATY, 1977) ou o *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations* (PROMETHEE) (BRANS, 1982;

VINCKE E BRANS; 1985), apenas para citar alguns. No campo do planejamento energético, abordagens multicritério têm sido amplamente utilizada, motivada pela complexificação do processo decisório, em especial pela necessidade de incorporação de aspectos sociais e ambientais, participação do público e atuação de diferentes atores na tomada de decisão (POHEKAR; RAMACHANDRAN, 2004). De forma suplementar Greening e Bernow (2004) e Wang et al (2009) apresentam revisões de métodos multicritério para aplicação em diferentes fases do fluxo decisório presente em um planejamento energético sustentável. Ambos trabalhos concluem acerca da ampla utilização de métodos multicriteriais na tomada de decisão relacionada a interação entre planejamento energético e políticas ambientais, sendo que Wang et al (2009) destacam que o AHP tem prevalecido, visto a sua maior compreensividade e simplicidade de aplicação.

McKenna (1980, apud JANKOWSKI, 1995) distingue quatro etapas que compõem um ambiente de tomada de decisão: definição do problema, desenvolvimento de alternativas e critérios, avaliação das alternativas e seleção da alternativa preferencial. De acordo Jankowski (1995), é justamente na etapa de desenvolvimento de alternativas que sistemas de informações geográficas (SIG) são aplicados como técnica de apoio ao processo decisório por múltiplos critérios, seja na busca por possíveis locais ou rotas.

Segundo Câmara e Davis (2001, p. 1-1, grifo do autor)

“o termo *Geoprocessamento* denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas da Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional”.

Moura (2014, p. 4) afirma que o geoprocessamento, segundo a maioria dos autores da área, engloba o processamento digital de imagens, a cartografia digital e SIG. Embora o conceito de SIG seja diverso (MAGUIRE, 1991), pode-se caracterizá-lo como os sistemas informatizados que apoiam o geoprocessamento facilitando a entrada, armazenamento, processamento, análise e saída de dados espaciais (GRIMSHAW, 1994 apud MALCZEWSKI, 1999 p. 16).

Em problemas que demandem análises espaciais multicriteriais, a integração entre SIG e MCDM se dá pela capacidade de SIG quanto à aquisição, armazenamento, recuperação, manipulação e análise de dados, em conjunto com os recursos de MCDM em agregar dados

geográficos e preferências de tomadores de decisão em valores unidimensionais e diferentes alternativas de decisão (MALCZEWSKI, 1999, p. 91). Podem envolver estudos de localização de empreendimentos pontuais, como lojas, atividades recreativas, instalações para eliminação de resíduos ou ainda seleção de rotas otimizadas de projetos lineares como dutos, ferroviários e linhas de transmissão (JANKOWSKI, 1995, p. 252).

Por envolver critérios com diferentes níveis de importância para a tomada de decisão, problemas de análise multicritério utilizam técnicas para a atribuição de pesos, que tem como objetivo determinar em valor a importância relativa de um determinado critério em comparação aos demais (MALCZEWSKI, 1999, p. 177). Quanto maior o peso, maior a importância do critério (MALCZEWSKI, 1999, p. 177). Estas técnicas podem ser diferenciadas quanto ao número de julgamentos necessários para a priorização dos critérios, quanto a escala numérica que trabalha, quanto a possibilidade ou não de hierarquização, facilidade de uso e precisão. O quadro 2 ilustra uma comparação resumida das quatro principais técnicas de ponderação de critérios (MALCZEWSKI, 1999, p. 190).

Quadro 2 - Resumo dos principais métodos utilizados para ponderação de critérios em MCDM (adaptado de MALCZEWSKI, 1999, p. 190)

Etapa	Métodos			
	Ranqueamento	Classificação	Comparação pareada	Trade-off
Nº de julgamentos	n	n	$N(n-1)/2$	$<n$
Escala	Ordinal	Intervalo	Razão	Intervalo
Hierarquia	Possível	Possível	Sim	Sim
Facilidade de uso	Muito fácil	Muito fácil	Fácil	Difícil
Precisão	Aproximação	Impreciso	Muito preciso	Muito preciso

Conforme já comentado neste capítulo, decisões de cunho espacial multicritério envolvem não apenas diferentes critérios como também múltiplos grupos de interesse e/ou tomadores de decisão. Em um contexto de tomada de decisão em grupo, Malczewski (1999, p. 191) destaca que duas abordagens podem ser utilizadas para a aplicação das técnicas

mencionadas no quadro 2: a assunção de homogeneidade do grupo, onde os julgamentos individuais atuam de forma cooperativa como um time ou uma coalizão e os pesos são obtidos trabalhando o grupo como um tomador de decisão individual; ou no contexto de variabilidade dos julgamentos individuais, quando obtém-se os pesos individualmente para cada pessoa (ou grupo de pessoas que atuam com homogeneidade) para uma posterior agregação de valores e alcance de pesos globais.

2.2.2 –SIG e Modelagem espacial multicriterial

Em aplicações estruturadas por SIGs, modelos podem ser classificados como cartográficos, quando resultam da automação de técnicas manuais que tradicionalmente usam instrumentos de desenho e sobreposição de transparências, ou podem ser modelos espaciais, quando representam expressões das relações matemáticas entre variáveis mapeadas (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 18). Para Christofolletti (1999, p. 31), “a modelagem de sistemas ambientais enquadra-se no contexto abrangente da análise espacial”, na medida em que absorve as técnicas geoestatísticas aplicadas na obtenção e análise dos dados georreferenciados e os “interliga com o uso e interpretação relacionada com o sensoriamento remoto e com os sistemas de informação geográfica”.

Com base na definição proposta por Pidd (2003, p. 12), modelos podem ser entendidos como representações explícitas e simplificadas de parte da realidade, sob o ponto de vista daqueles que os desenvolvem, com o objetivo de entender, mudar e gerenciar esta realidade. Constituem uma visão subjetiva da realidade perante o entendimento do modelador e o objetivo a que se propõe.

Jakeman et al (2008) apresentam que os modelos podem ser usados para medir e representar; descrever estruturas, comportamentos e padrões; reconstruir ou prever comportamentos; gerar e testar teorias e hipóteses; exibir, codificar, transferir, avaliar e interpretar conhecimento; guiar o desenvolvimento e avaliação de políticas; e facilitar a aprendizagem coletiva e resolução de conflitos.

Segundo Soares-filho (2000) a arte da modelagem consiste em decompor o mundo real em uma série de sistemas simplificados para alcançar uma visão sobre as características essenciais de um certo domínio, passando-se por diversos níveis de abstração, no qual a realidade é traduzida para um série de modelos. Aponta que um modelo pode ser simplificado a uma coleção de mapas ou camadas de mapas pertencentes a uma área em

comum e operações entre seus elementos, que aliada a atual capacidade computacional, permite técnicas avançadas de análise espacial (SOARES-FILHO, 2000).

Moura (2014, p.30) destaca que os modelos são criticados quando promovem excesso de generalização, já que não buscam traduzir a realidade dos fenômenos que se propõe estudar e sim uma representação simplificada destes. Por este motivo, envolve limitações e incertezas. Para Jakeman et al (2008, p. 75), em processos de tomada de decisão relacionado a questões ambientais as incertezas podem estar associadas aos dados (por exemplo ligado à obtenção ou processamento das informações), ao modelo (por exemplo associado à metodologia de modelagem empregada ou ainda aos métodos de calibração e validação) e ao fator humano (por exemplo relacionado ao conhecimento e experiência do modelador). Moura (2014, p. 31) complementa que embora os modelos se apresentem como simplificações da realidade, “têm como ponto importante a seleção dos aspectos mais relevantes”, onde um “sistema é estudado segundo um determinado objetivo, e tudo que não afeta esse objetivo é eliminado”.

Sob a ótica da modelagem de dados espaciais, a técnica de implementação de um modelo pode ser decomposta em cinco etapas:

Formulação do problema; Montagem da Base de dados; Listagem de critérios favoráveis e desfavoráveis para caracterização dos sítios geográficos de acordo com um propósito; Hierarquização dos critérios, ponderação e quantificação e; aplicação de uma ou mais sequências combinadas de recuperação, transformação e combinação de mapas (SOARES-FILHO, 2000, p. 13).

Parte-se de modelos conceituais simples e, na medida que se compreende o seu objetivo e o processamento que se espera, avança-se em termos de complexidade. A implementação do “modelo é materializada através de uma sequência de operações entre mapas”, descrita por meio de “um fluxograma que mostra os tipos de dados originais, a ordem e o tipo de processamento” (SOARES-FILHO, 2000, p. 13).

Os fatores (ou variável de interesse) são extraídos de camadas (como elevação, zoneamento urbano, cobertura do solo, entre outros conjuntos de dados) (NOBREGA et al, 2009, p. 624) que podem ainda ser denominados planos de informação (PI) (MOURA, 2007, p. 2900), conforme ilustrado pela Figura 11. Os critérios são então escolhidos para cada fator e seus respectivos pesos são definidos de acordo com as prioridades estabelecidas, permitindo assim uma análise espacial de combinações entre fatores e pesos (NOBREGA et al, 2009, p. 624).

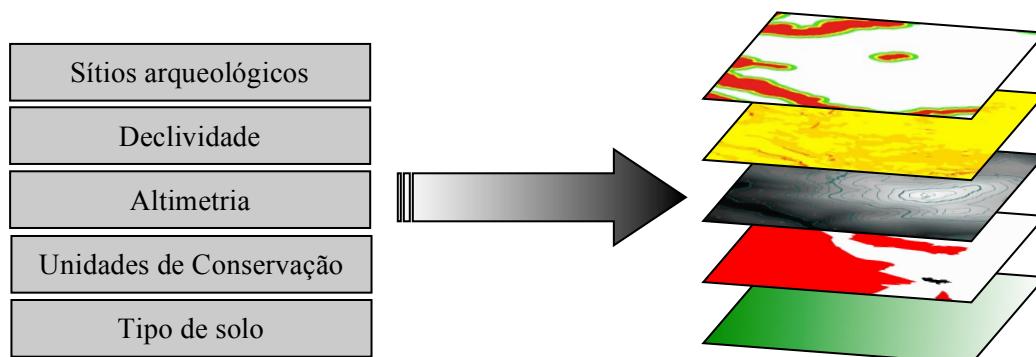


Figura 11 – Fatores e respectivos planos de informação (PI) em modelos integrados de SIG e análise multicritério

A elaboração da base de dados, pode ser realizada em formato vetorial ou matricial, com fortes tendências para o predomínio das operações dos modelos em formato matriciais (*raster*) (MOURA, 2007, p. 2900). O formato matricial envolve a representação do espaço como uma matriz tridimensional $A_{i,j,k}$, onde cada pequena porção do território (*pixel*) possui um referencial geográfico que define a sua localização, e um valor “k” que representa a posição do ponto nas classes dos planos de informação (MOURA, 2007, p. 2900). Como exemplo um ponto pode apresentar a posição “x” e “y” em latitude e longitude e um valor “a” que representa o seu tipo de solo ou um valor “z” que representa a sua classe de declividade (MOURA, 2007, p. 2900). Como a aplicação de processos de consultas, cruzamentos, combinações e ponderações de variáveis requerem o conhecimento das características específicas do dado, a representação de variáveis em planos de informações armazenado em forma de matrizes se faz justificável. (MOURA, 2007, p. 2900).

Pode-se afirmar que os modelos espaciais representam um avanço das aplicações de SIG, tendo em vista a sua capacidade de facilitar a interpretação de dados cartográficos (TOMLIN, 1991, p. 367). Esta habilidade está relacionada ao fato de que os PIs são representados por valores numéricos e não por linhas e símbolos, possibilitando a transformação de características geográficas através de funções matemáticas (TOMLIN, 1991, p. 367). Esta estruturação permite que o processo de interpretação de dados que representem relacionamentos ou significados implícitos sejam extraídos e expressos de forma explícita, na

prática, por exemplo, consolidando em um mapa, informações e conhecimento que estariam divididas em diversos outros mapas ou em texto (TOMLIN, 1991, p. 367).

Neste contexto de combinação de planos de informações e análise espacial, é comum que as variáveis que compõem o processo decisório apresentem “fontes de dados diferentes e escalas diferentes, o que resultaria em possibilidades diferentes de resoluções espaciais” (MOURA, 2007, p. 2901). Para ser possível o cruzamento de dados, todos os planos de informação devem apresentar a mesma resolução, que, segundo Moura (2007, p. 2901), é definida “pela escolha do tamanho de pixel na composição dos mapas em formato *raster* e do número de linhas e colunas na matriz de representação”. Desta forma, o procedimento indicado é a adoção da pior resolução entre as praticadas (maior dimensão de *pixel*), “pois não é cartograficamente correto reduzir a resolução e melhorar a representação de um dado cuja fonte era de pior qualidade” (MOURA, 2007, p. 2901). Complementarmente, Soares-filho (1998, cap. 1, p.55) afirma que a escolha do tamanho do pixel deve considerar o atendimento de a uma certa precisão cartográfica, a captura das características espaciais do fenômeno modelado e um desejável desempenho computacional.

2.2.3 – Modelagem de alternativas de corredores utilizando técnicas de geoprocessamento e AHP

Conforme já apresentado no item 2.1, o planejamento locacional de um nova LT inicia-se na investigação e análise de alternativas de corredores para que em fases posteriores se avance na escala de estudo, avaliando-se alternativas de traçado. A portaria nº 421 de 26 de outubro de 2011 (BRASIL, 2011a) conceitua corredor como o “espaço definido para linhas de transmissão como sendo a faixa com largura total de até 30 km, considerando até 15 km para cada lado com relação à diretriz principal da linha que integrará o sistema de transmissão”.

Huber e Church (1985, p. 115) afirmam que a maioria dos sistemas computadorizados para localização de corredores são compostos por três etapas básicas: estudo inicial da área e coleta de dados; atribuição de pontuação para cada célula; e aplicação de um algoritmo de cálculo de menor caminho, a partir da célula de origem para a célula de destino, a fim de localizar uma sequência de células contíguas que tem a menor soma de pontuações atribuídas.

Nobrega et al (2009) propõe o desenvolvimento de corredores baseada em uma adaptação do AHP e álgebra de mapas estruturada em um ambiente de SIG. A técnica AHP

foi desenvolvida como um método multicritério baseado na comparação pareada para a obtenção de pesos que são atribuídos aos critérios considerados no contexto de um processo de tomada de decisão (MALCZEWSKI, 1999). Consiste em realizar a análise por meio de uma sequência de comparações aos pares dos critérios que tem influência no processo decisório em pauta, e se utiliza de uma estrutura hierárquica para resolver problemas, conforme os passos ilustrados na Figura 12. Para a aplicação no cálculo de corredores ótimos, o AHP é utilizado para a formulação de superfícies de custo que basearão o cálculo de potenciais alinhamentos de menor custo (SADASIVUNI et al, 2009).

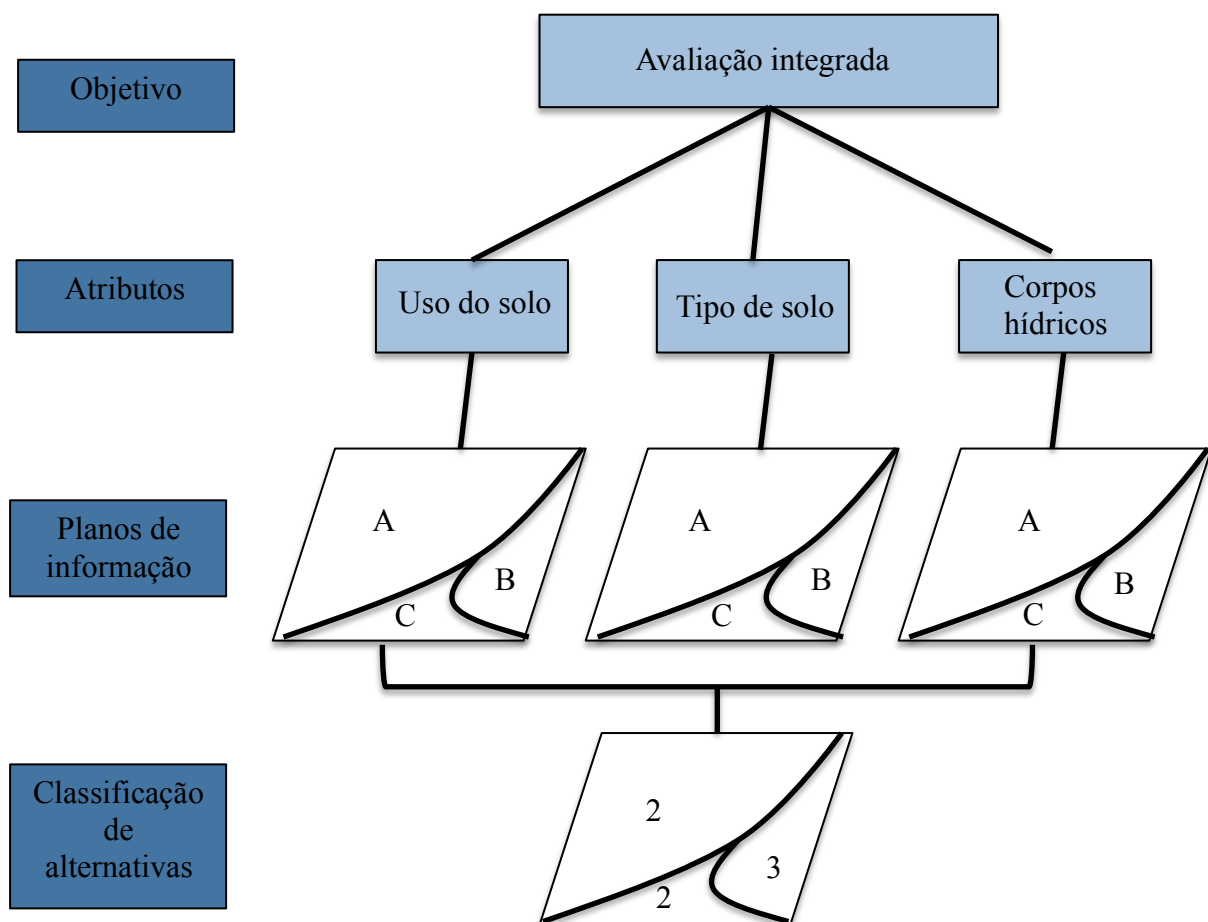


Figura 12 – Estrutura do AHP na análise de alternativas (adaptado de SADASIVUNI et al, 2009).

O ranqueamento é executado na comparação aos pares em termos de importância de cada critério, seguindo a escala fundamental de comparação de critérios desenvolvidos por Saaty (SAATY; VARGAS, 2001, p.6), apresentado no Quadro 3, onde quanto maior o peso,

maior o custo de esforço inferido naquele critério no cálculo do corredor. O conceito de custo de esforço, aplicado à modelagem espacial de alternativas de corredores é detalhado mais a seguir neste mesmo item.

Quadro 3 – Escala de comparação de critérios par a par (adaptado de SAATY; VARGAS, 2001)

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Os dois critérios contribuem de forma idêntica ao objetivo
3	Pouco mais importante ou com custo pouco maior	A análise e a experiência mostram que um critério é um pouco mais importante que o outro
5	Muito mais importante ou com custo muito maior	A análise e a experiência mostram que um critério é claramente mais importante que o outro
7	Bastante mais importante ou com custo bastante superior	A análise e a experiência mostram que um critério é predominante para o objetivo
9	Extremamente mais importante ou com custo extremamente superior	Sem qualquer dúvida um dos critérios é absolutamente predominante para o objetivo
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Também podem ser usados
Valores recíprocos	Se um critério i possui um dos valores anteriores, quando comparado com o critério j, então o critério j possui o valor recíproco quando comparado com o critério i,	

Do AHP são obtidos os pesos que subsidiarão a álgebra de mapas presente no cálculo de corredores proposta por Nobrega et al (2009). O processo de obtenção dos pesos desenvolve-se ao longo de quatro etapas, detalhadas a seguir:

(i) Etapa 1 - Construção da matriz de comparação par a par: fundamentado na escala de nove níveis do quadro 3, se atribui um grau que represente a relação entre os pares de critérios e define-se uma matriz conforme a Figura 13, onde C_{ij} se refere ao grau de relação atribuído do critério i sob o critério j. Sempre que $i=j$, $C_{ij} = 1$ e, C_{ji} é o valor recíproco de C_{ij} (por exemplo, caso $C_{ij} = 9$, $C_{ji} = 1/9$).

	Critério 1	Critério 2	Critério 3
Critério 1	$\begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{23} & C_{33} \end{pmatrix}$	C_{12}	C_{13}
Critério 2		C_{21}	C_{23}
Critério 3		C_{31}	C_{33}

Figura 13 – Exemplo de uma matriz de comparação par a par com três critérios

Etapa 2: Cálculo do *eigenvector* principal – consiste na formulação de uma matriz normalizada $X_{n \times n}$, ilustrada na Figura 14, a partir da matriz de comparação par a par, por meio da aplicação da Equação 1, onde n representa o número de critérios. A partir desta nova matriz X , calcula-se o *eigenvector* W , também ilustrado na Figura 14, aplicando-se a Equação 2.

$$X_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sum_{i=1}^n C_{ij}} \quad (1)$$

$$W_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n} \quad (2)$$

$$X_{n \times n} = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} \end{pmatrix} \quad W_{n \times 1} = \begin{pmatrix} W_{11} \\ W_{21} \\ W_{31} \end{pmatrix}$$

Figura 14 – Matriz normalizada $X_{n \times n}$ e *Eigenvector* $W_{n \times 1}$

Etapa 3: Determinação do Índice de Consistência (IC) - Calcula-se o vetor de consistência $Cv_{n \times j}$ por meio da Equação 3 e posteriormente calcula-se o λ por meio da média dos valores do vetor de consistência (Equação 4) e, por fim, o Índice de Consistência conforme a Equação 5.

$$Cv_{i1} = \frac{1 \sum_{j=1}^n C_{ij} W_{ij}}{W_{i1}} \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n C_{v_{i1}}}{n} \quad (4)$$

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

Etapa 4: Determinação do Grau de Consistência (GC) - representa a consistência dos pesos determinados. Segundo Sadasivuni (2009,), sendo $GC < 0,10$ tem-se consistência nos valores, caso contrário a proporção é inconsistente e requer revisão até que a consistência seja atingida. O Grau de Consistência é resultado da razão entre o Índice de Consistência (IC) e o Índice de Aleatoriedade (IA), conforme Equação 6, sendo este último determinado através de valores propostos por Saaty e Vargas (2001), segundo o número de critérios utilizados, conforme exemplificado no quadro 4 para análises com até 10 critérios. O valor de 0,1 foi proposto por Saaty (1980). Para maior compreensão desta questão Vargas (1982) demonstra o porquê do valor 0,1 ser utilizado como referência de consistência do AHP.

Quadro 4 –Valor de Índices de Aleatoriedade (IA) para análises com até 10 critérios
(SAATY; VARGAS, 2001, p. 9)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

$$GC = \frac{IC}{IA} \quad (6)$$

Quando a classificação pareada é realizada por meio de consulta a grupos de indivíduos (especialistas, políticos, comunidades afetada, etc), Forman e Peniwati (1998) destacam dois métodos para se obter a prioridade global dos elementos em um processo de decisão em grupo: Agregação de Julgamentos Individuais (AIJ) e Agregação de Prioridades Individuais (AIP).

Enquanto que o AIJ é aplicável em grupos que atuem em sintonia, que realizem seus julgamentos de modo que o grupo se comporte como um novo indivíduo, o AIP é aplicável nas situações em que os indivíduos do grupo agem em seu próprio direito, com diferentes sistemas de valores, sem entrosamento ou objetivos comuns (FORMAN e PENIWATI, 1998). Ainda de acordo com Forman e Peniwati (1998), para se agregar os julgamentos pelo AIJ

deve ser usada a média geométrica dos valores, enquanto que para se agregar as prioridades dos indivíduos pelo AIP, tanto a média aritmética ou geométrica podem ser utilizadas, no entanto, a média geométrica é mais consistente para julgamentos e prioridades no AHP.

A diferença básica entre as duas abordagens diz respeito ao comportamento dos grupos que compõem o processo decisório, ou seja, se o grupo pode ser tratado como um novo indivíduo, visto a sintonia entre os seus componentes, formula-se o cálculo de pesos pelo AHP a partir de uma matriz onde a classificação pareada representa a média geométrica das classificações dos indivíduos, mas se o grupo não apresenta entrosamento e objetivos comuns o cálculo de pesos se dá pela média geométrica dos pesos obtidos de cada indivíduo (FORMAN e PENIWATI, 1998).

A partir do processamento do AHP obtêm-se os pesos que são atribuídos às células dos mapas utilizados na análise, que representa o seu custo de esforço. O conceito de custo de esforço em geoprocessamento envolve o procedimento de valoração de cada célula presente em um mapa (VAN LEUSEN, 1999) a partir de ranqueamentos ou ponderações, produzindo-se mapas de custo de superfícies. Estes mapas, que por exemplo podem representar diferentes variáveis de interesse em uma análise multicriterial, quando combinados em uma álgebra de mapas, resultam em uma superfície de custo acumulada. Quanto maior o valor, maior o custo de esforço daquela célula e menor a preferência de interceptá-la. Considerando que nas aplicações de análise multicritério em um ambiente de SIG as variáveis são extraídas de camadas ou planos de informação (elevação, cobertura do solo, entre outras) (NOBREGA et al, 2009, p. 624), a Figura 15 ilustra a geração de uma superfície de custo acumulado a partir de superfícies de custo individuais (de cada critério).

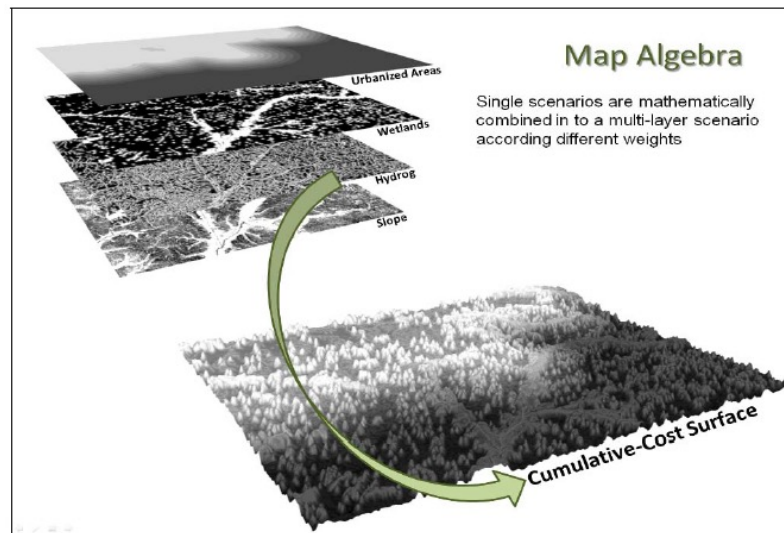


Figura 15 – Geração da superfície de custo acumulado a partir da combinação de cenários individuais (adaptado de SADASIVUNI et al, 2009, p. 10).

Assim, superfície de custo consiste em um mapa em formato *raster* onde cada célula possui um valor que representa o “custo” de interceptá-la (BAGLI; GENELETTI; ORSI, 2011). Este valor pode ser atribuído considerando-se elementos do espaço real ou outras características de interesse na análise, a partir do mapeamento de critérios de interesse.

“Um CRITÉRIO representa uma condição que se pode quantificar ou avaliar e que contribui para a tomada de decisão” (SILVA, 2004, p. 74, grifo do autor). Os critérios podem ser divididos em exclusões, quando se limita as alternativas em consideração na análise, e fatores, quando se acentua ou diminui a aptidão de uma determinada alternativa no processo decisório (SILVA, 2004, p. 74). Outra forma de abordagem, complementar ao conceito supradescrito, descreve como fatores de atração, aqueles que maximizam a sua influência na análise, e fatores de retração aqueles que diminuem a sua aptidão no resultado final (DE SOUZA; DE ARAUJO; NOBREGA, 2014). A interferência em unidades de conservação, por exemplo, pode ser categorizado como um fator de repulsão enquanto que a interferência em áreas degradadas um fator de atração.

Stefanakis e Kavouras (1995) afirmam que a determinação de um caminho ótimo em uma superfície pode ser dividida em três etapas, descritas a seguir, ilustradas pela Figura 16 e exemplificadas pela Figura 17:

- (i) Geração da superfície de fricção: quando há a geração de camadas em formato *raster* para cada fator utilizado na análise, onde para cada célula

são atribuídos valores que representam o custo de passagem entre ela, tendo como referência características do fator e a experiência e o conhecimento do indivíduo (ou grupo) que atribuiu os seus valores.

- (ii) Geração da superfície de custo acumulado: calculada pelo “custo de movimento” a partir do ponto de início ou fim da análise, considerando os valores da superfície de fricção anteriormente produzida como a distância da célula aos pontos de referência utilizados.
- (iii) Determinação do(s) caminho(s) ótimo: cálculo do caminho de menor “custo” entre os dois pontos de interesse a partir das duas superfícies de custo acumulado geradas na etapa anterior. Em suma, calcula-se uma superfície de custo acumulado e percorre-a entre os pontos de início e fim conectando as células de menor valor ou menor “custo” de passagem.

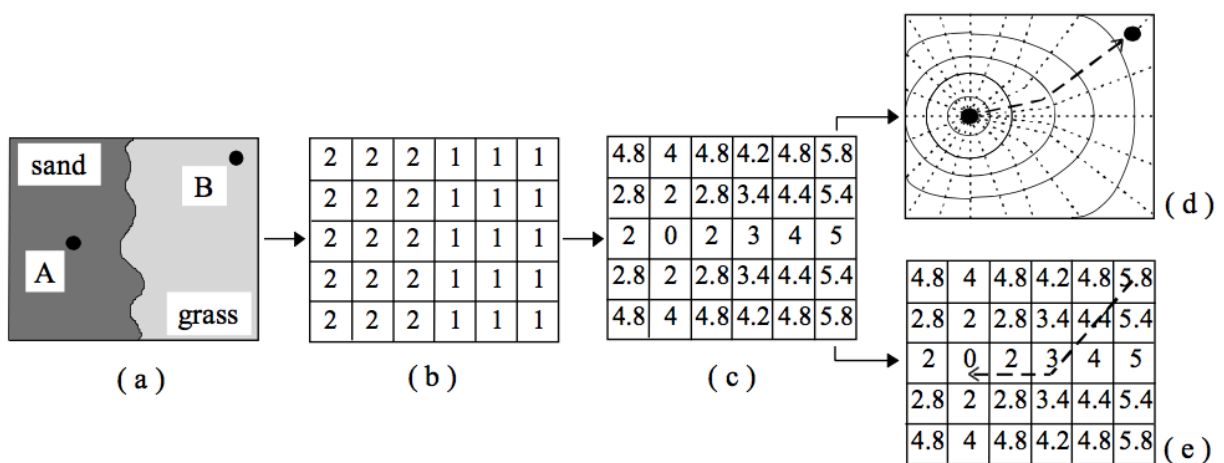


Figura 16 – Três etapas para a determinação de caminhos ótimos em um superfície de custo em mapa raster Stefanakis e Kavouras (1995)

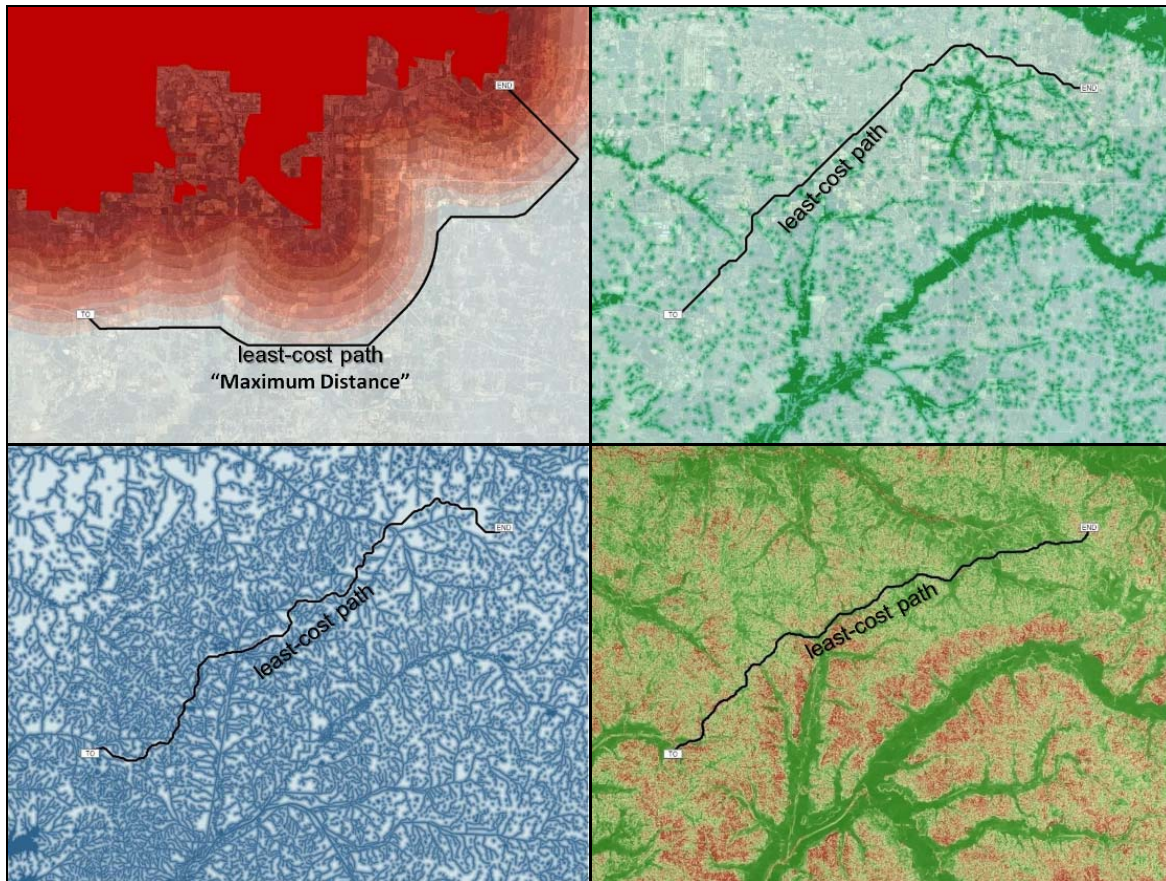


Figura 17 – Exemplos de caminho de menor custo sob superfícies com perspectivas que levam em consideração fatores independentes: áreas urbanizadas (acima à esquerda), áreas alagáveis (acima à direita), drenagem (abaixo à esquerda) e declividade (abaixo a direita) (SADASIVUNI et al, 2009)

A técnica de Análise de Caminho de Menor Custo ou *Least-Cost Path Analysis* (LCPA), consiste em uma ferramenta de análise espacial que permite ao usuário calcular melhores caminhos entre dois pontos, a partir das respectivas localizações georreferenciadas (início e fim) e uma superfície de custo acumulado (BAGLI; GENELETTI; ORSI, 2011; ADRIAENSEN et al, 2003). O algoritmo LCPA procura célula a célula vizinhas ao ponto de partida, aquelas com menor valor, repetindo este procedimento até o ponto de destino (BAGLI; GENELETTI; ORSI, 2011).

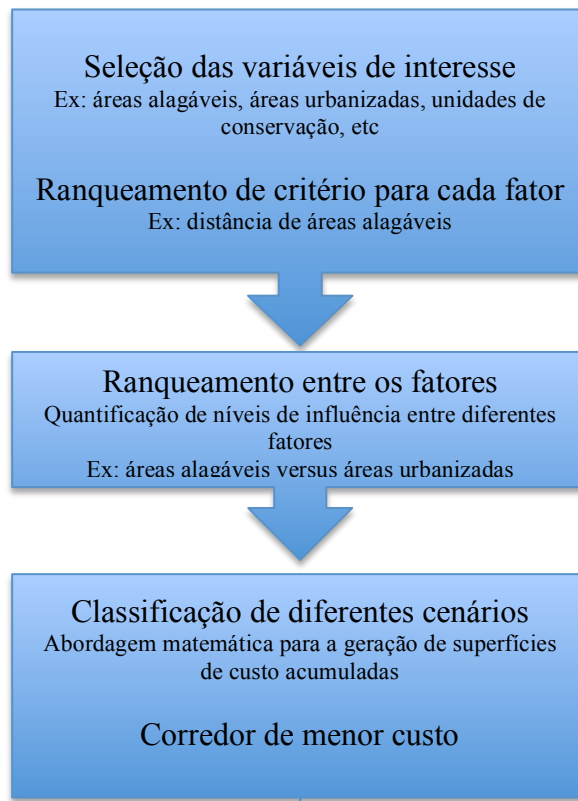


Figura 18 – Etapas do cálculo de corredores de menor custo considerando-se 2 níveis de ranqueamentos – intrafatorial e interfatorial (adaptado de Nobrega et al, 2009).

Utilizando os valores de prioridades obtidos do processamento do AHP e os conceitos técnicos da LCPA, Nobrega et al (2009) calculam superfícies de custo em níveis, conforme ilustrado na Figura 18, que por sua vez subsidiam a geração de corredores de menor custo.

Corredores de menor custo já foram estudados para empreendimentos rodoviários e ferroviários, considerando diferentes níveis de ranqueamentos, conforme ilustrado na Figura 19 e na Figura 20 apresentadas a seguir.

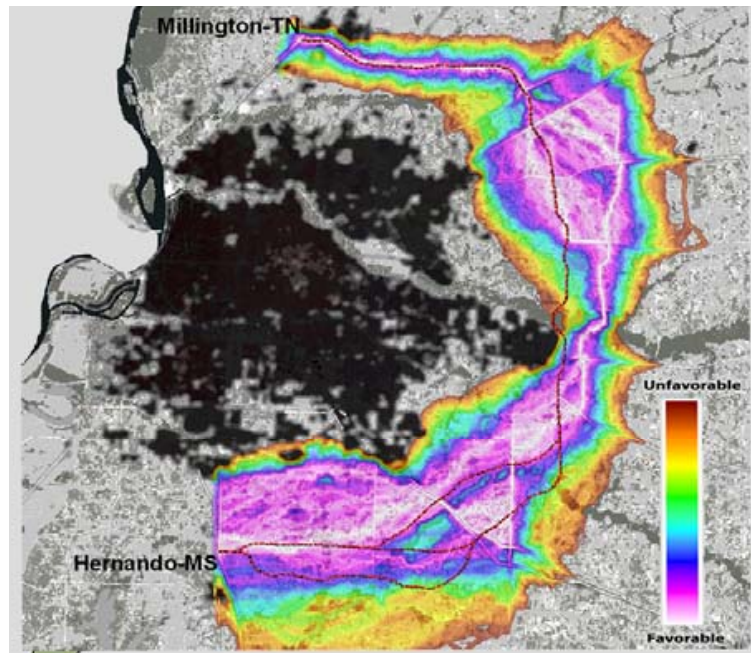


Figura 19 – Alternativas de corredores estudadas para a Rodovia I-269 entre os estados de Mississippi e Tennessee no Estados Unidos (Nobrega; O'Hara, 2009).

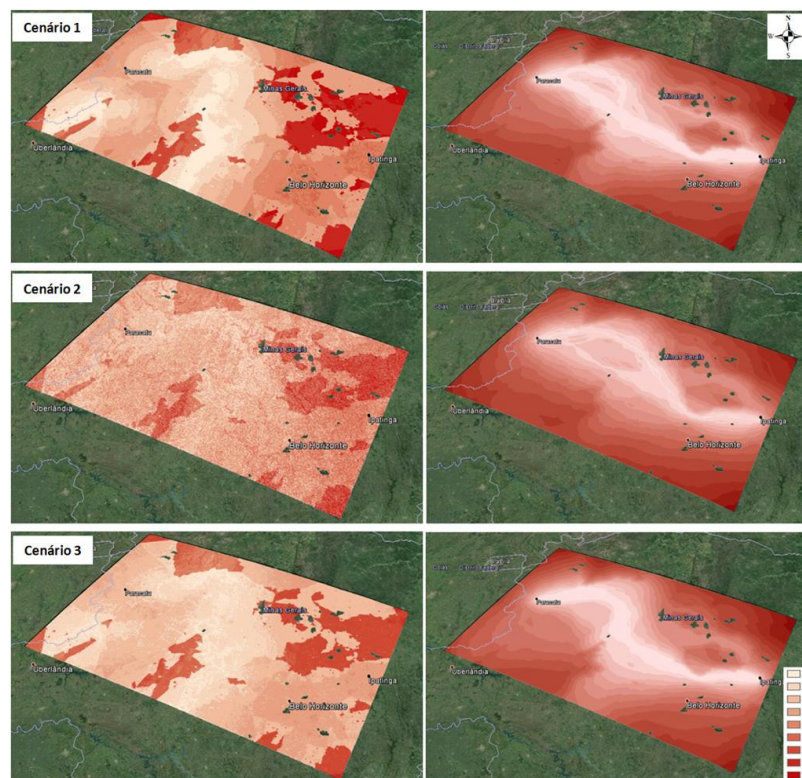


Figura 20 – Corredores estudados para interligação ferroviária entre as localidades de Paracatu e Ipatinga, interior do estado de Minas Gerais (DE SOUZA; DE ARAUJO; NÓBREGA, 2014).

3 METODOLOGIA

A figura 21 abaixo apresenta o fluxo de etapas desenvolvidas na pesquisa, descritas nos itens que seguem:

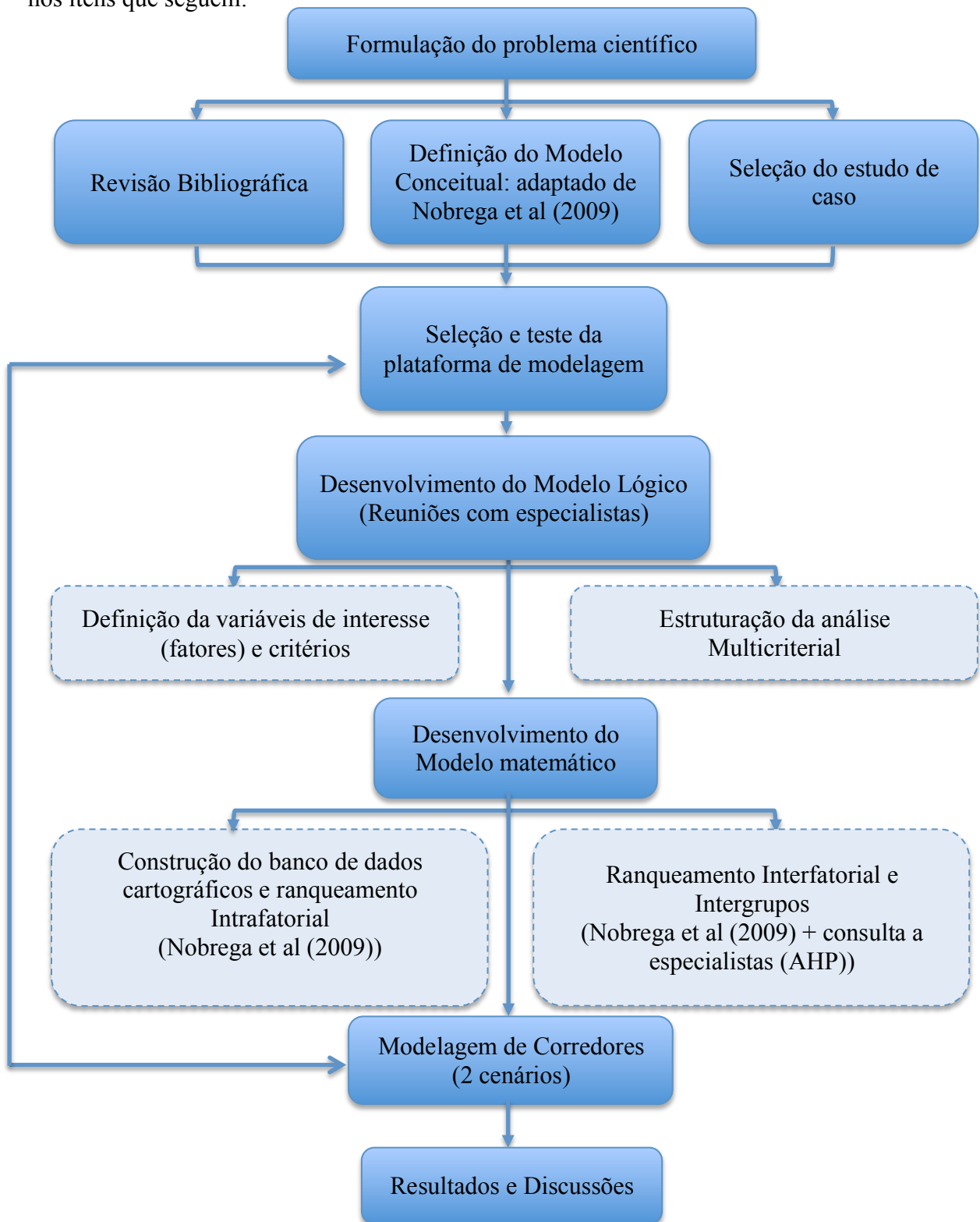


Figura 21 –Etapas metodológicas da pesquisa

3.1 Definição do modelo conceitual

Para a modelagem proposta, definiu-se como referência metodológica a abordagem descrita por Nobrega et al (2009), que consiste no cálculo de corredores a partir de uma análise multicriterial estruturada sob uma plataforma de informações geográficas (IG) e ponderação de valores através de uma adaptação do AHP.

A metodologia segue as etapas representadas pela figura 22, iniciando-se na seleção e mapeamento das variáveis de interesse (ou fatores), definição dos respectivos critérios de influência e cálculo de superfícies de custo individuais a partir do ranqueamento intrafatorial, cálculo de superfícies de custo acumulado de cada grupo de fatores e entre os grupos (ranqueamento interfatorial e inter-grupos), e geração de um conjunto de corredores de menor custo de esforço (NOBREGA et al, 2009, p. 626).

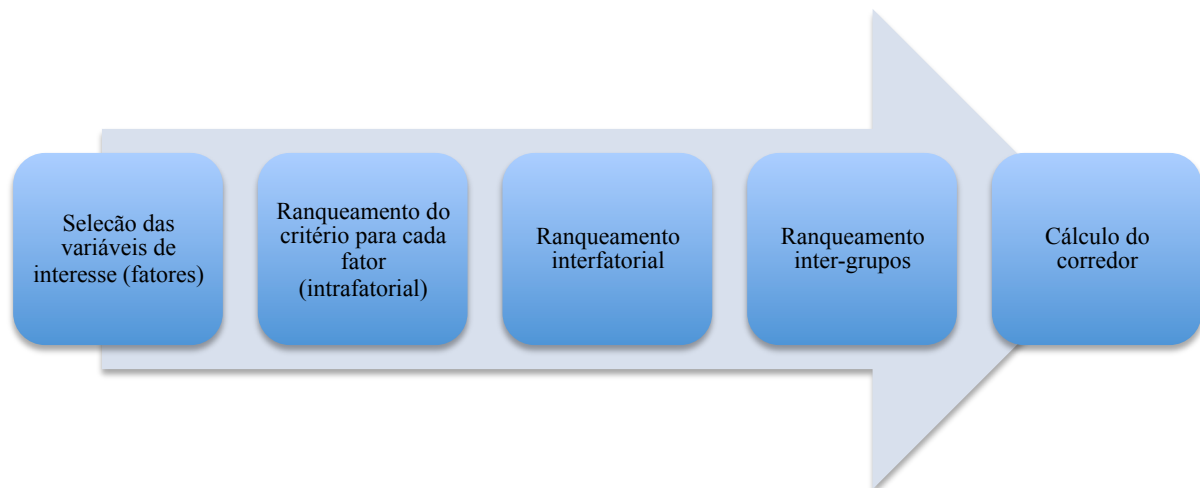


Figura 22 – Etapas básicas do processo do cálculo de corredores (NOBREGA et al, 2009)

3.2 Escolha do estudo de caso para a modelagem

Para aplicação da modelagem, após pesquisa nos leilões de concessão de transmissão de energia realizados pela ANEEL e no banco de dados de processos de LTs em licenciamento no IBAMA, foi escolhido o projeto da LT 500 kV Marimbondó II – Campinas e Subestações associadas como o caso para se aplicar a modelagem e se efetuar as discussões propostas. Este projeto foi escolhido, essencialmente, por se encontrar em fase inicial de licenciamento ambiental, portanto, com recentes estudos e análises locais.

Objeto do leilão ANEEL nº 007/2013 de 14/11/13, a LT possui aproximadamente 365 Km de extensão (EPE, 2012, p. 341) e atualmente se encontra em fase de análise do requerimento de licença instalação no IBAMA sob o processo nº 02001.005111/2013-51. O objetivo do empreendimento é o de fornecer reforços elétricos necessários na região sudeste, associados à entrada em operação da LT que interligará a UHE Belo Monte a Minas Gerais, previsto para 2017 (AMBIENTARE SOLUÇÕES EM MEIO AMBIENTE; ATE XXII, 2014). A figura 23 ilustra a região de estudo onde estão localizadas as subestações que serão interligadas pelo projeto, conectando os municípios de Fronteira/MG e Campinas/SP.



Figura 23 – localização do estudo de caso escolhido para a modelagem, LT 500 kV Marimbondo II – Campinas e Subestações associadas.

As figuras 24 e 25 apresentam respectivamente o corredor preferencial resultante dos estudos do Relatório R1 e Relatório R3. A região apresenta um relevo com predominância de colinas amplas e suaves, sendo ocupada predominantemente por atividades antrópicas, principalmente agricultura e agropecuária (AMBIENTARE SOLUÇÕES EM MEIO AMBIENTE; ATE XXII, 2014; EPE, 2012). O corredor abrange a zona de transição dos Biomas Cerrado e Mata Atlântica, com cerca de 60% da vegetação pertencente à

fitofisionomia Savana, no centro-sul do corredor, e 35% de Floresta Estacional Semidecidual ao norte (EPE, 2012, p. 343).

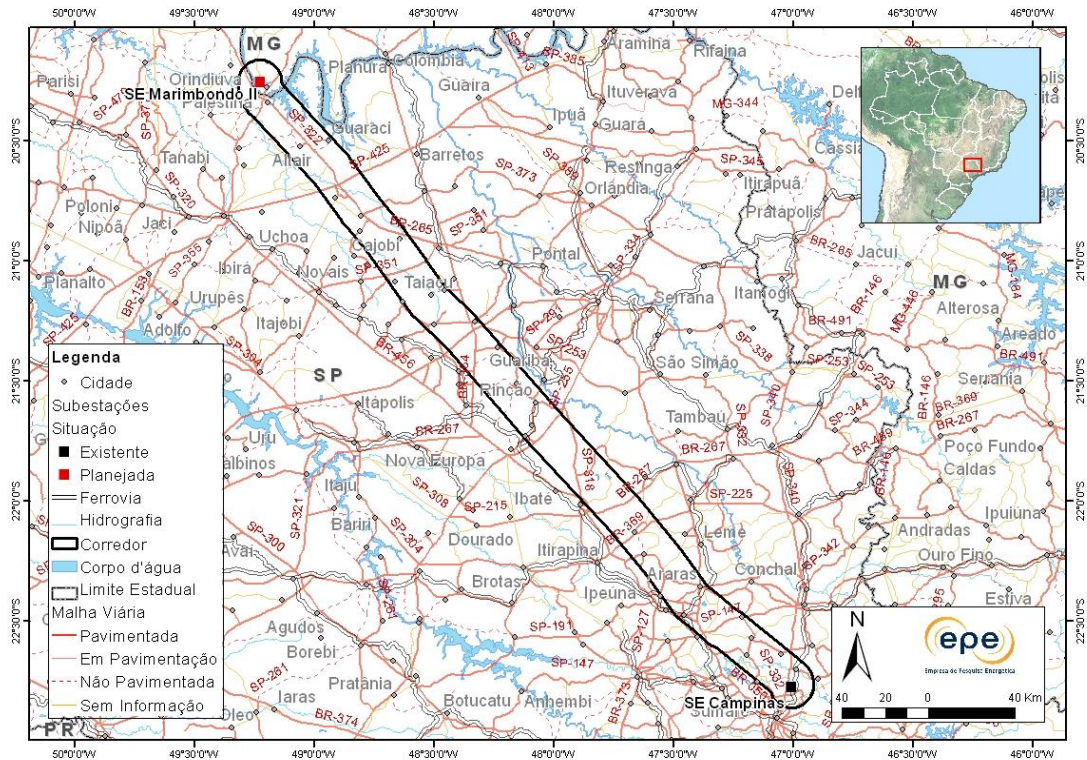


Figura 24 – Corredor preferencial resultante do Relatório R1 (EPE, 2012).

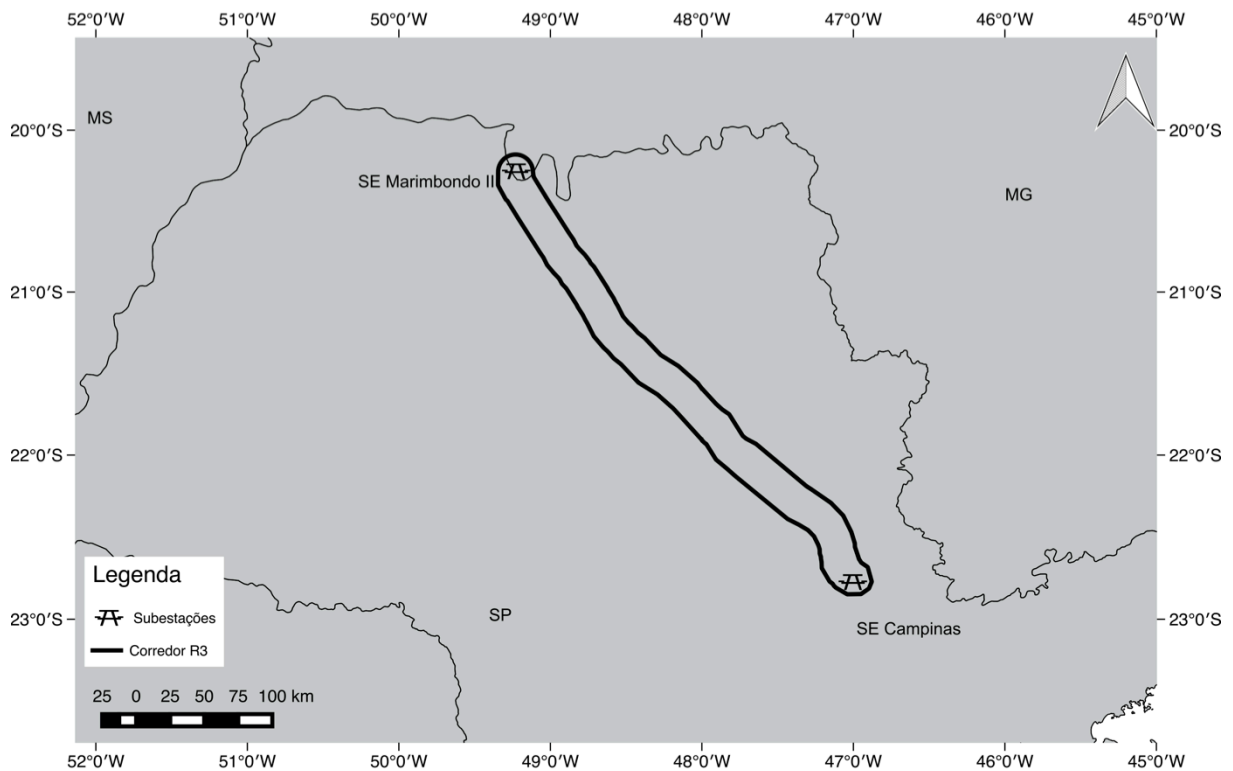


Figura 25 – Corredor preferencial resultante do Relatório R3

Similar a outras LTs, este projeto também enfrenta dificuldades de aprovação relacionada a análise de alternativas, tanto que foi emitida uma licença de instalação para parte do empreendimento excluindo-se um trecho objeto de discordâncias (IBAMA). De acordo com Naime e Nunes (2014), as discussões envolvem a interceptação do traçado proposto em área de expansão de um aeroporto e uma área de reserva legal próximos ao município de São Carlos/SP, além de um “eventual interferência do traçado com o projeto de vóo livre, turismo e conservação ambiental no Município de Taguaritinga”.

3.3 Seleção e teste da plataforma de modelagem

A Plataforma sob a qual será conduzida a modelagem é o software Dinamica EGO, desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais.

Utilizado para aplicações diversas como simulação de desmatamento, análises espaciais urbanas e mudanças de uso de solo, este software possui um ambiente composto por uma série de algoritmos representados por operadores. Os operadores, denominados *functores*, considerados operadores convencionais, podem ser entendidos como processos que atuam sobre um conjunto de dados de entrada sobre o qual é aplicado um número finito de operações, produzindo como saída um novo conjunto de dados (RODRIGUES; SOARES-FILHO; COSTA, 2007, p. 2). Estes *functores* podem ser agrupados em *containers*, considerados operadores de grupo, que agrupam e determinam um comportamento para o conjunto de operadores contido nele (RODRIGUES; SOARES-FILHO; COSTA, 2007, p. 2).

Para a criação dos modelos, os *functores* e *containers* são sequenciados em um fluxo de dados, por meio de uma interface gráfica flexível, que permite ao usuário construir o seu modelo na forma de um diagrama (RODRIGUES; SOARES-FILHO; COSTA, 2007, p. 2). A linguagem de fluxo de dados do Dinamica descreve o encadeamento e a relação entre os operadores (RODRIGUES; SOARES-FILHO; COSTA, 2007, p. 3). Segundo Ferreira (FERREIRA, 2015) o principal tipo de dado trabalhado por este software são mapas em formato *raster*.

A figura 26 apresenta estrutura final do modelo no software Dinamica EGO. Em azul se destacam os containers que executam o cálculo de superfícies de custo acumulada para três grupos de fatores, a partir de arquivos *rasters* de cada fator e dos pesos obtidos dos ranqueamentos interfatoriais; seguidos por um *functor Calculate Map* que executa o cálculo

de superfícies de custo globais a partir do ranqueamento intergrupos; finalizando em um último functor *Calculate Map* que desenvolve as alternativas de corredores de menor custo.

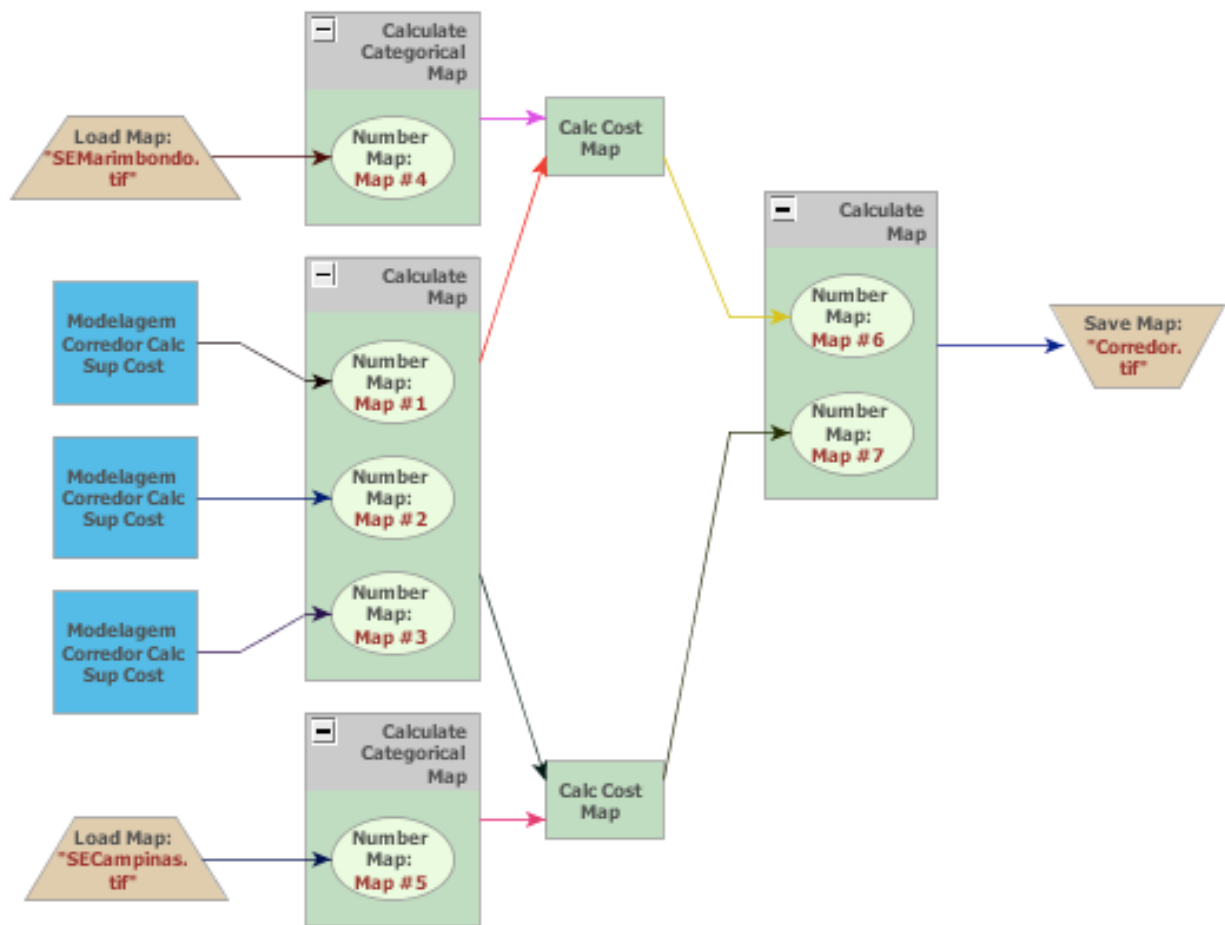


Figura 26 – Estrutura final do modelo desenvolvido para o cálculo de corredores no ambiente no programa Dinamica EGO

Para teste do modelo conceitual no software, efetuou-se uma simulação de estudo de um corredor ferroviário entre os municípios de Vilhena/RO e Comodoro/MT a partir de dados geográficos gratuitos disponíveis na internet, detalhado em artigo apresentado no XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (DE ARAUJO et al, 2015).

Conforme pode ser visualizado no resultado obtido, ilustrado na figura 27 abaixo, o teste foi considerado satisfatório, na medida em que o software permite a modelagem lógica entre arquivos cartográficos demandados para o cálculo de corredores.

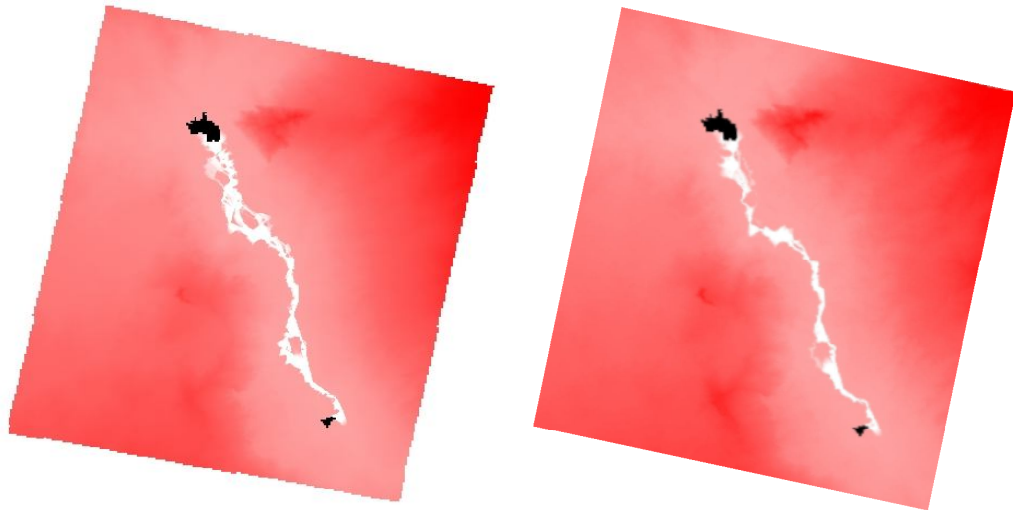


Figura 27 – Corredores obtidos no teste efetuado no software Dinamica EGO (DE ARAUJO et al, 2015).

De forma complementar, após o aperfeiçoamento do modelo e estruturação da base de dados referentes ao estudo de caso escolhido para a modelagem proposta nesta pesquisa, efetuou-se um teste de validação simulando-se o ranqueamento mínimo e equivalente (peso 1) para todos os fatores e ranqueamentos. Conforme demonstrado na figura 28, o corredor gerado atendeu ao resultado esperado, de um corredor linear entre os dois pontos de interligação, a subestação Marimbondo II e a subestação Campinas. Este teste demonstra também o atendimento do modelo a um dos critérios utilizados em projetos de LTs, referente a sua extensão, visto que o modelo busca o menor caminho entre os pontos que se deseja conectar.

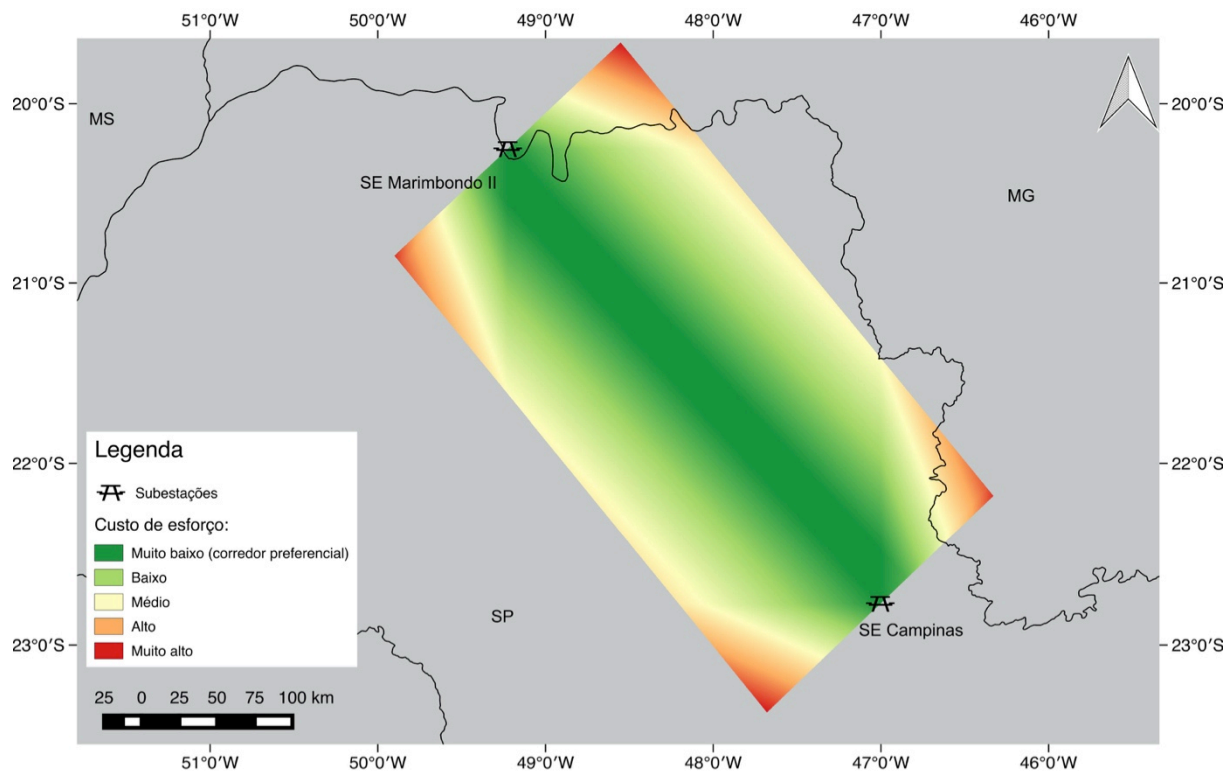


Figura 28 – Corredor obtido em teste de validação do modelo, simulando-se o ranqueamento mínimo e equivalente a todos os critérios e em todos os três níveis.

3.4 Desenvolvimento do modelo lógico

3.4.1 Definição das variáveis de interesse (fatores) e critérios

A partir de referências bibliográficas, das orientações formuladas pela banca de qualificação da pesquisa, de reuniões realizadas junto a equipes pertencentes ao quadro de cinco entidades que participam do fluxo decisório locacional de LTs (EPE, IBAMA, ANEEL, TCU e IPHAN) e de entrevista a profissional que compõe a equipe da EPE que desenvolve os estudos de corredores, definiram-se as variáveis de interesse (ou fatores) e os respectivos critérios que serviram como dados de entrada do modelo. No total foram realizadas 5 apresentações e uma entrevista. O anexo B do material complementar apresenta o roteiro utilizado na consulta a especialistas enquanto que o anexo C o roteiro semiestruturado que orientou a entrevista supracitada.

Os fatores foram divididos em 3 grupos, a saber: grupo de fatores ambientais, grupo de fatores sociais e grupo de fatores econômicos, este último relacionado ao custo do projeto. Os Quadros 5, 6 e 7 apresenta-os, dividindo-os nos grupos considerados, especificando a sua forma de influência, fontes, tipo de dado e escala.

Quadro 5 –Fatores e critérios considerados na modelagem: grupo de fatores ambientais

Grupo de fatores ambientais				
Fator	Critério de influência	Fonte	Tipo de dado	Escala ou resolução espacial
FA1 – Unidades de Conservação (UCs)	Repulsão / Evitar Interferência em Unidades de Conservação (Ucs) e suas zonas de amortecimento	MMA	Vetor	1:5.000 a 1:100.000, dependendo da UC.
FA2 – Áreas de preservação permanente (APPs)	Repulsão / Evitar Interferência em áreas de preservação permanente (APPs)	CPLA/SP	Vetor	1:100.000
FA3 – Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (APCBs)	Repulsão / Evitar interferências em Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade (APCBs)	MMA	Vetor	Não especificado
FA4 – Áreas importantes para avifauna migratória	Repulsão / Evitar interferência em áreas importantes para avifauna migratória	ICMBio	Vetor	1:250.000
FA5 – Cavidades naturais subterrâneas	Repulsão / Evitar interferências em zonas de amortecimento de cavidades naturais subterrâneas	ICMBio	Vetor	-
FA6 - Declividade	Repulsão / Evitar interferência em áreas de relevo acidentado	CPRM	Raster	101 metros
FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares	Atração / Prorizar proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existent, minimizando abertura de acessos e impactos associados.	IBGE	Vetor	1:250.000
FA8 – Áreas alagáveis	Repulsão / Evitar interferências em áreas alagáveis	CPRM	Vetor	1:100.000
FA9 – Vegetação nativa	Repulsão / Evitar Interferência e fragmentação em áreas com vegetação nativa	MMA	Vetor	1:250.000

Quadro 6 –Fatores e critérios considerados na modelagem: grupo de fatores sociais

Grupo de fatores sociais				
Fator	Critério de influência	Fonte	Tipo de dado	Escala ou resolução espacial
FS1 – Terras Indígenas (TIs)	Repulsão / Evitar Interferências em Terras Indígenas e terras circunvizinhas	FUNAI	Vetor	Desconhecida, depende de cada TI
FS2 – Áreas urbanas e periurbanas	Repulsão / Evitar interferência em áreas urbanas e periurbanas	IBGE	Vetor	1:100.000
FS3 – Projetos de assentamento (PAs)	Repulsão / Evitar interferência em projetos de assentamento do INCRA	NCRA	Vetor	Diversos, depende do PA.
FS4 – Áreas Quilombolas	Repulsão / Evitar interferência em áreas quilombolas	INCRA	Vetor	Diversos, depende da área.
FS5 – Áreas de relevante interesse arqueológico	Repulsão / Evitar interferência em sítios arqueológicos	IPHAN	-	-
FS6 – Aeródromos	Repulsão / Evitar interferências em aeródromos	Ministério dos Transportes	Vetor	-
FS7 – Impacto visual na paisagem	Repulsão / Minimizar impacto na paisagem	Wikiloc	Vetor	-
FS8 – Áreas de interesse minerário	Repulsão / Evitar interferência em áreas com direito minerário	DNPM	Vetor	-
FS9 – Fragmentação de áreas com agricultura	Repulsão / Evitar interferência em culturas	MMA	Vetor	1:250.000

Quadro 7 – Fatores e critérios considerados na modelagem: grupo de fatores econômicos

Grupo de fatores econômicos				
Fator	Critério de influência	Fonte	Tipo de dado	Escala ou resolução espacial
FE1 – Áreas que demandem a instalação de torres autoportantes ou o alteamento de torres	Repulsão / Evitar interferência em áreas que demandem a instalação de torres autoportantes ou o alteamento de torres.	IBGE e CPRM	Vetor	1:250.000 e 1:100.000
FE2 – Áreas alagáveis	Repulsão / Evitar interferência em áreas alagáveis	CPRM	Vetor	1:100.000
FE3 - Declividade	Repulsão / Evitar interferência em áreas com relevo acidentado	CPRM	Raster	101 metros
FE4 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares	Atração / Priorizar proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existent.	IBGE	Vetor	1:250.000
FE5 – Limpeza de faixa	Repulsão / Evitar interferência em áreas que demandem a limpeza da faixa	IGC/SP	Vetor	1:100.000

A estruturação dos 23 fatores teve como objetivo não apenas atender a demandas específicas de especialistas consultados e da banca de qualificação, como também buscou-se demonstrar a performance do modelo frente à complexificação na elaboração de projetos de LTs, “provocar” a inserção de variáveis hoje não consideradas nos seus estudos locacionais e promover discussões que aperfeiçoem esta etapa.

Destacam-se duas observações:

- (i) a base de dados relacionada às variáveis FA9 – Vegetação nativa e FS9 - fragmentação de áreas com agricultura, obtido junto ao MMA, apresentou áreas sem dados, não disponíveis no banco de dados consultado. Optou-se por manter a utilização desta base de dados visto que é a fonte utilizada pela EPE no estudo de corredores.

- (ii) Não foi possível a obtenção dos dados referente ao critério FS5 - Áreas de relevante interesse arqueológico, visto que o IPHAN não disponibilizou a base de dados georreferenciada de sítios arqueológicos do cadastro nacional de sítios arqueológicos.

3.4.2 Estruturação da análise multicriterial

O modelo é fundamentado por três níveis de ranqueamentos (NOBREGA et al, 2009) conforme descrito a seguir e ilustrados na figura 29:

- i. Ranqueamento intrafatorial (1^o nível): Quantificação dos níveis de influência de cada vetor gerando superfícies de custo individuais. Calculado pelo modelador no programa Quantum GIS, aplicando-se o AHP formulado a partir de referencias bibliográficas e normas jurídicas.
- ii. Ranqueamento interfatorial (2^o nível): Quantificação de pesos de influência entre os fatores, dentro de cada grupo de fatores, resultando superfícies de custo acumuladas a partir da combinação em multi-camadas das superfícies de custo individuais geradas no 1^o nível. Calculado no programa Dinamica EGO a partir de consultas a especialistas (AHP).
- iii. Ranqueamento inter-grupos (3^o nível): cálculo de superfícies de custo globais a partir da priorização entre os grupos de fatores e combinação das superfícies de custo acumuladas geradas no 2^o nível. Calculado no programa Dinamica EGO a partir de consultas a especialistas (AHP).

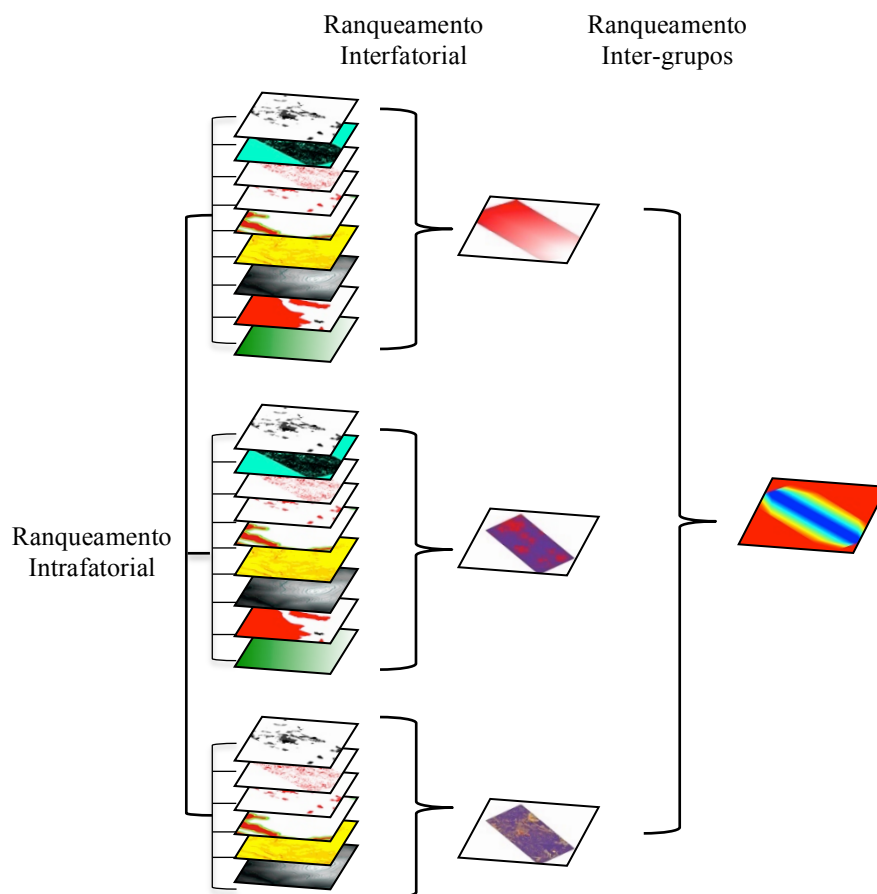


Figura 29 – Níveis de ranqueamento e cálculo de corredor (considerando 3 grupos de fatores)

3.5 Desenvolvimento do modelo matemático

3.5.1 Construção do banco de dados cartográficos e ranqueamento intrafatorial

O banco de dados foi elaborado a partir do processamento dos arquivos vetoriais e matriciais obtidos junto às fontes de cada fator. Para o gerenciamento dos dados, construção dos planos de informação e reclassificação visando o ranqueamento intrafatorial foi utilizado o programa Quantum GIS, software livre de código aberto utilizado para aplicações em sistemas de informações geográficas.

Uma série de operações foi aplicada para a adequação dos arquivos ao formato necessário para a modelagem, como a reprojeção cartográfica para o sistema referencial SIRGAS 2000 projeção UTM, extração dos dados para a área de estudo (definida como uma faixa de 200Km a partir da linha reta entre as subestações – vide figura 30) e aplicação de ferramentas de geoprocessamento para arquivos vetoriais e matriciais. A faixa de 200Km

ilustrada na figura 30 foi estipulada como área de estudo visando ampliar as possibilidades de corredores entre as subestações.

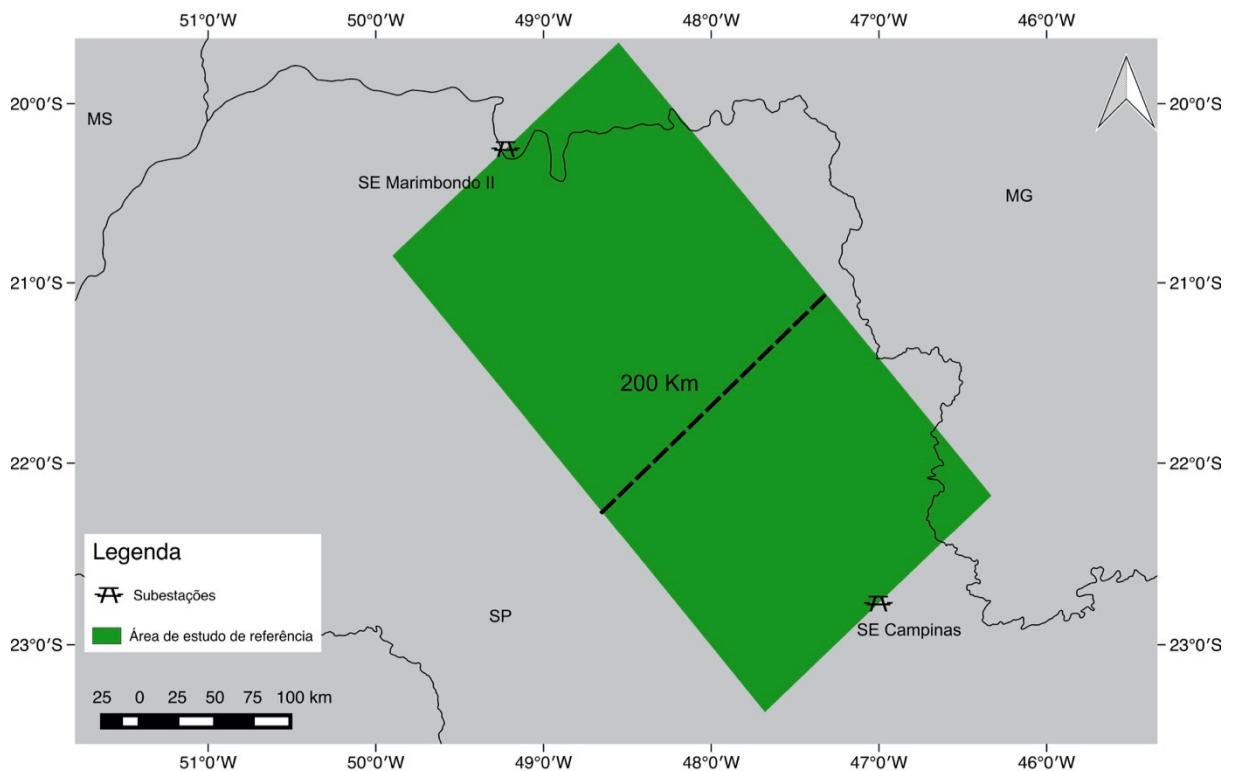


Figura 30 – Máscara vetorial representativa da área de estudo de referência estipulada para recorte dos dados e modelagem

Considerando que a modelagem utiliza como dados de entrada arquivos em formato *raster* e que a resolução espacial deve ser a mesma entre os arquivos de forma a permitir a álgebra de mapas, o processo de rasterização dos planos de informação foi desenvolvido considerando a resolução espacial de 101 metros, visto que esta era a pior escala disponível na base, referente aos fatores FA6 e FE3.

Assim, para cada fator foi criada uma matriz de comparação, seguindo a estruturação e intervalo de valores propostos por Saaty e Vargas (2001), dividindo o critério de influência em sub-critérios quando aplicável. A classificação é definida de acordo com o “peso” comparativo entre os pares de subcritérios, onde quanto maior o custo de esforço para o cálculo do corredor um subcritério apresentar, maior é o peso atribuído a ele na matriz. Ou seja, a classificação é executada segundo o poder de influência de um subcritério sobre o outro, considerando o estudo de um corredor para implantação de uma LT.

A análise de sensibilidade resultante das respectivas matrizes AHP foi utilizada para a classificação dos mapas de cada fator, resultando em arquivos *rasters* cujo os valores dos *pixels* representavam os valores de sensibilidade obtidos das matrizes de ranqueamento intrafatorial. Estes arquivos foram utilizados como dados de entrada no Dinamica EGO, onde foram processadas as demais etapas da modelagem.

A figura 31 apresenta o modelo de matriz utilizada para o ranqueamento AHP intrafatorial (1º nível). A última linha, indica o resultado do teste de consistência do método AHP, retornando “Por favor complete todas as células em branco”, quando não foram preenchidas todas as classificações necessárias, “Ok, classificação consistente” quando há a consistência dos pesos atribuídos e “Erro de consistência, por favor revise a sua classificação” quando a consistência não é atingida. A quantidade de linhas e colunas depende do número de sub-critérios que o fator pode influenciar no estudo de corredor. A classificação teve como premissa que quanto maior o peso do subcritério, maior o custo de esforço para o cálculo do corredor.

Fator X						
	Subcritério A	Subcritério A	Subcritério A	Subcritério A	Subcritério A	Subcritério A
Subcritério A	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA	<p>Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios</p> <p>Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA</p> <p>Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA</p> <p>Peso 5 - critério da LINHA mais influente SOBRE o da COLUNA</p> <p>Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA</p> <p>Peso 7 - Critério da LINHA muito mais influente SOBRE o da COLUNA</p> <p>Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA</p> <p>Peso 9 - Critério da LINHA absolutamente mais influente SOBRE o da COLUNA</p> <p>✓ Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA</p>
Subcritério A	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA	
Subcritério A	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA	
Subcritério A	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA	
Subcritério A	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA	
Subcritério A	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA	

OK, CLASSIFICAÇÃO CONSISTENTE!

Figura 31 – Modelo de matriz AHP utilizada para o ranqueamento intracriterial (1^o nível) e obtenção dos pesos para construção das superfícies de custo individuais.

A título de exemplificação, para o fator FA6 – Declividade, estabeleceu-se 6 sub-critérios: Interferência em relevo plano (0 a 3%), Interferência em relevo suave ondulado (3 a 8%), Interferência em relevo ondulado (8 a 20%), Interferência em relevo forte ondulado (20 a 45%), Interferência em relevo montanhoso (45 a 75%) e Interferência em relevo escarpado (> que 75%). Como o critério definido para este fator é “Evitar interferência em áreas de relevo acidentado”, atribuiu-se menores classificações para as áreas mais planas.

As figuras 32 e 33 ilustram respectivamente, o exemplo da matriz AHP referente ao critério supracitado e à análise de sensibilidade.

FA6 - Declividade						
	Interferência em relevo plano (0 a 3%)	Interferência em relevo suave ondulado (3 a 8%)	Interferência em relevo ondulado (8 a 20%)	Interferência em relevo forte ondulado (20 a 45%)	Interferência em relevo Montanhoso (45 a 75%)	Interferência em relevo Escarpado (> 75%)
Interferência em relevo plano (0 a 3%)	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em relevo suave ondulado (3 a 8%)		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em relevo ondulado (8 a 20%)			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em relevo forte ondulado (20 a 45%)				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em relevo Montanhoso (45 a 75%)					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em relevo Escarpado (> 75%)						Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

OK, CLASSIFICAÇÃO CONSISTENTE!

Figura 32 –Matriz de comparação AHP do fator FA6 – Declividade, utilizada para o ranqueamento intracriterial

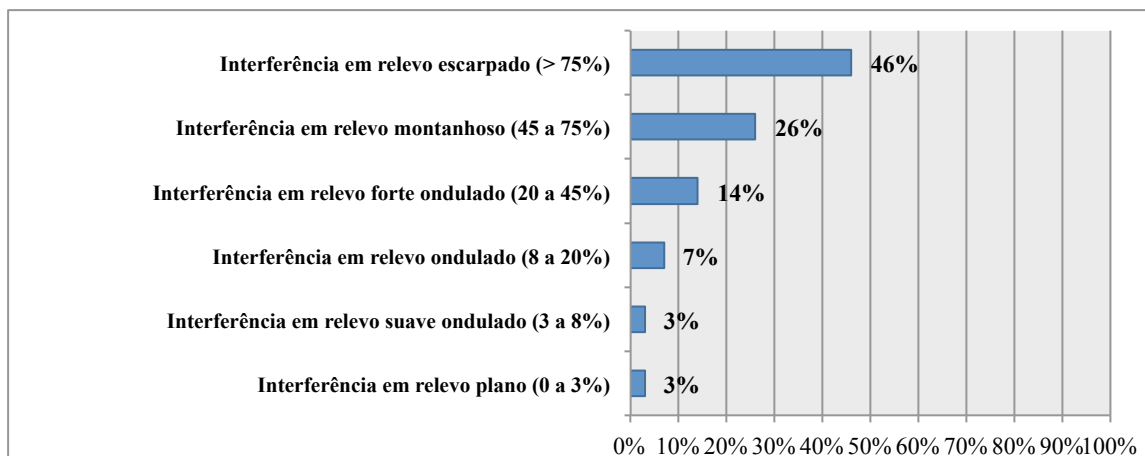


Figura 33 –Gráfico da análise de sensibilidade resultante da matriz de comparação AHP do fator F6 – Declividade.

Para a elaboração do mapa referente ao fator FS5 - Áreas de relevante interesse arqueológico foi estipulado um valor unitário (1) para toda a área de interesse, visto que, conforme já relatado, não obteve-se as informações necessárias junto ao IPHAN.

Após executado a classificação intrafatorial para todos os fatores, os valores de sensibilidade obtidos foram equalizados, tendo-se como referência o maior valor dentre todos os fatores. Este procedimento de equalização foi necessário tendo em vista dois aspectos:

- (i) dificuldade de se estabelecer valor para os critérios que apresentavam apenas 2 subcritérios, visto que o AHP é aplicável quando se trabalha com mais de três critérios.
- (ii) Percepção de influência nos resultados finais advindos da amplitude de valores dos ranqueamentos de 1º nível. Dependendo da classificação e do nº de critérios, os valores máximos alteravam em uma amplitude que na álgebra de mapas que se sucedia, enviesavam o cálculo de corredores.

Visto que o maior valor encontrado entre as análises de sensibilidade das classificações efetuadas foi 75, referente aos fatores FA9 e CS9, todos as demais análises foram equalizadas para se ter 75 como maior valor. O resultado dessa equalização subsidiou a classificação do mapa de superfícies de custo de cada fator utilizados como dados de entrada do modelo. Acompanhando o exemplo deste item, as figuras 34 e 35 apresentam a análise de sensibilidade equalizada referente ao FA6 e o mapa de superfície de custo resultante.

O anexo A presente no material complementar detalha o ranqueamento intrafatorial de todas as variáveis consideradas no estudo, as referências utilizadas e os resultados de consistência e de sensibilidade alcançados.

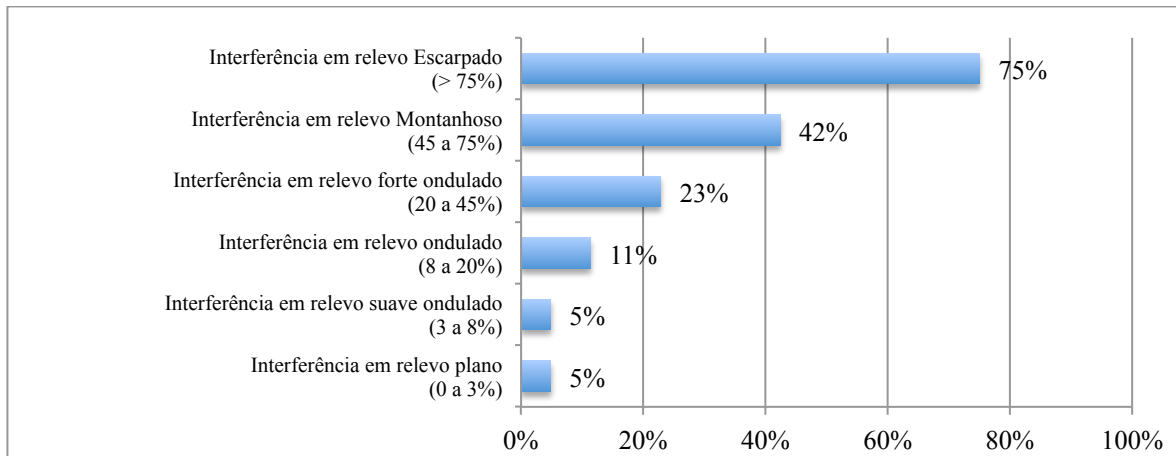


Figura 34 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente à classificação intrafatorial do fator FA6 – Declividade.

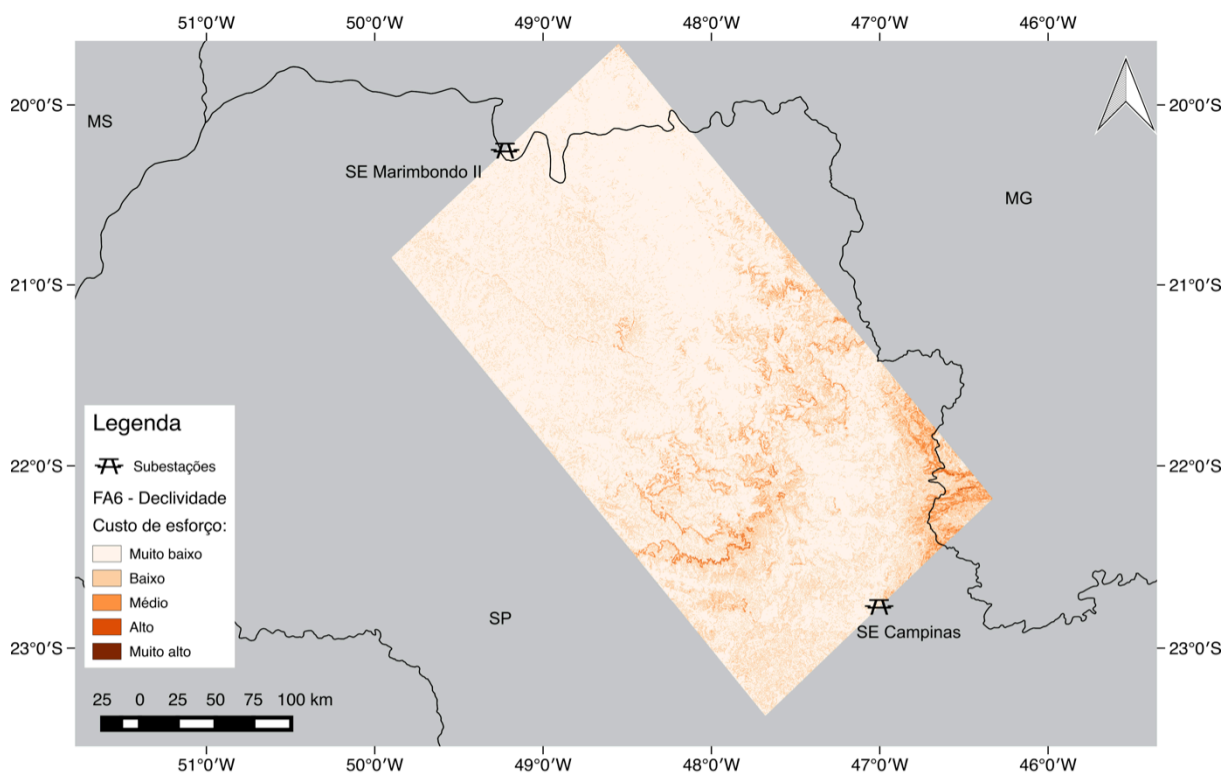


Figura 35 – Mapa *raster* resultante do ranqueamento intrafatorial do fator FA6 – Declividade

3.5.2 Ranqueamento Interfatorial e Intergrupos

Os ranqueamentos Interfatorial e Intergrupos foram realizados por meio de consultas a especialistas de quatro entidades que atuam no fluxo decisório constante nas etapas de planejamento e licenciamento ambiental de linhas de transmissão de energia. Foram consultados 3 especialistas da EPE, 3 especialistas do TCU, 6 especialistas do Ibama e 1 especialista da ANEEL. Os profissionais do MPU, IPHAN e da Fundação Cultural Palmares não retornaram o contato realizado para participação na pesquisa. As consultas levaram entre 40 e 90 minutos e seguiram o roteiro apresentado no anexo B do material complementar.

O ranqueamento foi realizado por meio de uma consulta individual estruturada, onde o especialista definia as classificações de forma similar ao que foi desenvolvido para o ranqueamento intrafatorial, mudando-se os elementos da matriz AHP. As figuras 36, 37, 38 e 39 apresentam as matrizes interfatoriais dos três grupos de fatores e do ranqueamento intergrupos. Tanto a consulta como os testes de consistência previstos pelo método AHP foram desenvolvidos no software Microsoft Excel for Mac 2011.

FATORES AMBIENTAIS										
Objetivo: Qual critério possui maior peso no desenvolvimento de um corredor para o projeto em estudo?										
	Evitar interferências em zonas de amortecimento de cavidades naturais subterrâneas	Evitar interferências em áreas de relevo acidentado	Evitar interferências em áreas alagáveis (ou inundáveis)	Evitar interferências em Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade (APCBs)	Evitar interferências em áreas importantes para avifauna migratória	Evitar interferências em áreas de preservação permanente (APPs)	Evitar interferência e fragmentação em áreas com vegetação nativa	Evitar interferência em Unidades de Conservação (Ucs) e suas zonas de amortecimento		
Prorizar proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existent, minimizando abertura de acessos e impactos associados.	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios									
Prorizar proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existent, minimizando abertura de acessos e impactos associados.	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios									
Evitar interferências em zonas de amortecimento de cavidades naturais subterrâneas		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios								
Evitar interferência em áreas de relevo acidentado			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios							
Evitar interferências em áreas alagáveis (ou inundáveis)				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios						
Evitar interferências em Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade (APCBs)					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios					
Evitar interferência em áreas importantes para avifauna migratória						Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios				
Evitar Interferência em áreas de preservação permanente (APPs)							Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios			
Evitar interferência e fragmentação em áreas com vegetação nativa								Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios		
Evitar Interferência em Unidades de Conservação (Ucs) e suas zonas de amortecimento									Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	

Figura 36 –Matriz de comparação AHP utilizada para o ranqueamento intracriterial do grupo de fatores ambientais

FATORES SOCIAIS									
Objetivo: Qual critério possui maior peso no desenvolvimento de um corredor para o projeto em estudo?									
	Evitar interferências em aeródromos	Evitar interferência em áreas com direito minerário	Evitar interferência em projetos de assentamento do INCRA	Evitar interferência em áreas urbanas e periurbanas	Minimizar impacto na paisagem	Evitar interferência em culturas	Evitar interferência em sítios arqueológicos	Evitar interferência em áreas quilombolas	Evitar Interferências em Terras Indígenas e terras circunvizinhas
Evitar interferências em aeródromos	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios								
Evitar interferência em áreas com direito minerário		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios							
Evitar interferência em projetos de assentamento do INCRA			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios						
Evitar interferência em áreas urbanas e periurbanas				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios					
Minimizar impacto na paisagem					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios				
Evitar interferência em culturas						Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios			
Evitar interferência em sítios arqueológicos							Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios		
Evitar interferência em áreas quilombolas								Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	
Evitar Interferências em Terras Indígenas e terras circunvizinhas									Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 37 –Matriz de comparação AHP utilizada para o ranqueamento intracriterial do grupo de fatores sociais

FATORES ECONÔMICOS					
Objetivo: Qual critério possui maior peso no desenvolvimento de um corredor para o projeto em estudo?					
	Priorizar proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existentes.	Evitar interferência em áreas alagáveis	Evitar interferência em áreas com relevo acidentado	Evitar interferência em áreas que demandem a limpeza da faixa	Evitar interferência em áreas que demandem a instalação de torres autoportantes ou o alteamento de torres .
Priorizar proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existentes.	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios				
Evitar interferência em áreas alagáveis		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios			
Evitar interferência em áreas com relevo acidentado			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios		
Evitar interferência em áreas que demandem a limpeza da faixa				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	
Evitar interferência em áreas que demandem a instalação de torres autoportantes ou o alteamento de torres .					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 38 –Matriz de comparação AHP utilizada para o ranqueamento intracriterial do grupo de fatores econômicos

GRUPOS DE FATORES			
Objetivo: Qual grupo de fatores possui maior peso no desenvolvimento de um corredor para o projeto em estudo?			
	Fatores Econômicos	Fatores Sociais	Fatores Ambientais
Fatores Econômicos	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios		
Fatores Sociais		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	
Fatores Ambientais			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 39 –Matriz de comparação AHP utilizada para o ranqueamento intergrupos

Os valores resultantes das análises de sensibilidade das matrizes AHP obtidos dos ranqueamentos de 2º nível, subsidiaram o cálculo de superfícies de custo acumuladas (SCA) para cada grupo de fatores, executado pelo modelo através de uma álgebra de mapas. Esse cálculo é efetuado conforme as equações 7, 8 e 9 abaixo, onde F_i representa os mapas de superfície de custo individual resultantes dos ranqueamentos de 1º nível e P_i os pesos obtidos dos ranqueamentos de 2º nível.

$$SCA_{Ambiental} = (FA_1 \times P_1) + (FA_2 \times P_2) + (FA_3 \times P_3) + (FA_4 \times P_4) + (FA_5 \times P_5) + (FA_6 \times P_6) + (FA_7 \times P_7) + (FA_8 \times P_8) + (FA_9 \times P_9) \quad (7)$$

$$SCA_{\text{Social}} = (FS_1 \times P_1) + (FS_2 \times P_2) + (FS_3 \times P_3) + (FS_4 \times P_4) + (FS_5 \times P_5) + (FS_6 \times P_6) + (FS_7 \times P_7) + (FS_8 \times P_8) + (FS_9 \times P_9) \quad (8)$$

$$SCA_{\text{Econômico}} = (FE_1 \times P_1) + (FE_2 \times P_2) + (FE_3 \times P_3) + (FE_4 \times P_4) + (FE_5 \times P_5) \quad (9)$$

Seguindo (FORMAN; PENIWATI, 1998), os pesos são calculados a partir da média geométrica das classificações dos especialistas conforme detalhado no item seguinte. Já os valores resultantes das matrizes AHP obtidos dos ranqueamentos de 3º nível, irão subsidiar o cálculo de uma superfícies de custo global (SCG), executada conforme equação 10.

$$SCG = (SCA_{\text{Ambiental}} \times P_1) + (SCA_{\text{Social}} \times P_2) + (SCA_{\text{Econômico}} \times P_3) \quad (10)$$

Com o mapa de SCG e mapas de localização dos pontos de início e fim, neste caso as subestações Marimbondo II e Campinas, o modelo executa o cálculo de corredores de menor custo de esforço.

3.6 Cálculo dos corredores e Apresentação dos resultados

Para a análise multicriterial proposta estabeleceu-se dois diferentes cenários para o cálculo de corredores:

- Cenário 1: Cálculo do corredor preferencial considerando a classificação resultante da consulta aos especialistas da EPE;
- Cenário 2: Cálculo do corredor preferencial considerando o perfil de conhecimento, utilizando-se as classificações dos especialistas da EPE e do IBAMA para o ranqueamento interfatorial dos grupos de fatores ambientais e sociais, as classificações dos especialistas da ANEEL e TCU para o ranqueamento interfatorial do grupo de fatores econômicos e as classificações de todos os especialistas para o ranqueamento intergrupos.

A proposta do cenário 1 é simular a performance da modelagem embasado pelos profissionais que atualmente possuem o conhecimento e a experiência aplicada na formulação de corredores de LTs. Para a consolidação dos pesos obtidos junto aos especialistas consultados considerou-se que o grupo atua na forma de um time, com sintonia e objetivos similares nas respectivas atribuições de pesos, tratando o problema conforme a abordagem AIJ (agregação de julgamentos individuais), ou seja, obtendo os valores de peso a partir dos valores de sensibilidade calculados de matrizes AHP onde as classificações representavam a

média geométrica das ponderações de cada especialista. A figura 40 ilustra os passos e respectiva abordagem utilizada no cálculo dos pesos para o cenário 1.

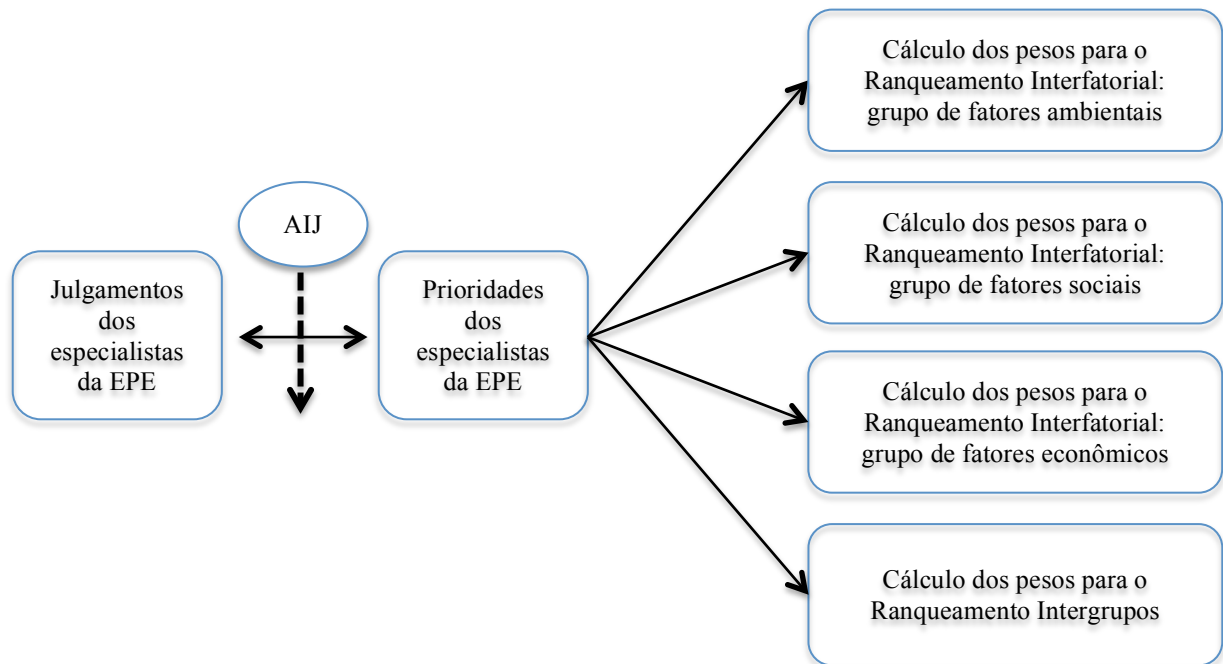


Figura 40 –Estruturação do cálculo dos pesos para a modelagem do cenário 1

A proposta do cenário 2 busca apresentar a performance do modelo mediante a integração de atores que participam do fluxo decisório de novos projetos de LTs, considerando o seu perfil de atuação. Neste caso a consolidação dos pesos envolveu tanto a abordagem AIJ quanto a AIP (agregação de prioridades individuais). A abordagem AIJ foi utilizada para o cálculo dos pesos entre os especialistas de cada grupo, visto que eles atuam na forma de time. Depois desta etapa aplicou-se a abordagem AIJ entre os resultados obtidos, visto que cada instituição possui os seus valores, conhecimento e objetivos frente ao estudo de um corredor preferencial. Esta estrutura também permitiu a consulta variada no número de especialistas por grupo, já que inicialmente calcula-se os pesos de cada grupo para só depois efetivar-se a obtenção dos pesos globais. As figuras 41 e 42 ilustram os passos e respectivas abordagens utilizadas no cálculo dos pesos para o cenário 2.

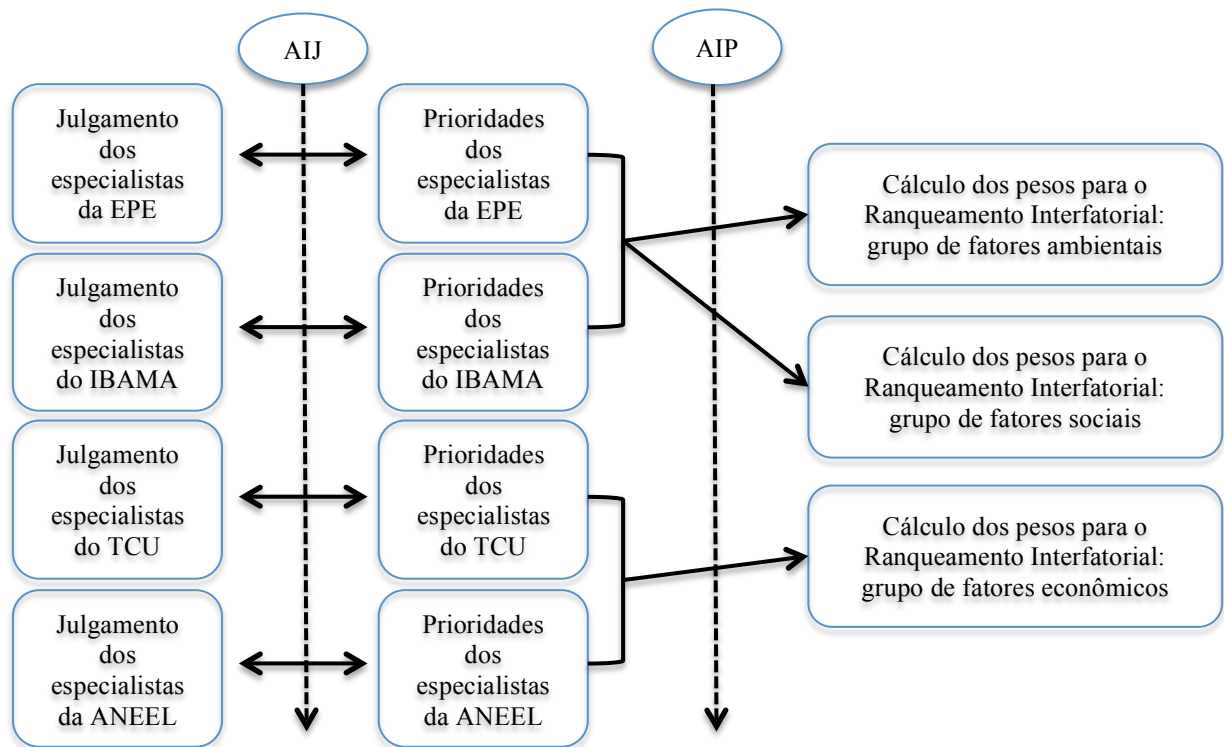


Figura 41 –Estruturação do cálculo dos pesos para a modelagem do cenário 2 (Ranqueamentos Interfatoriais)

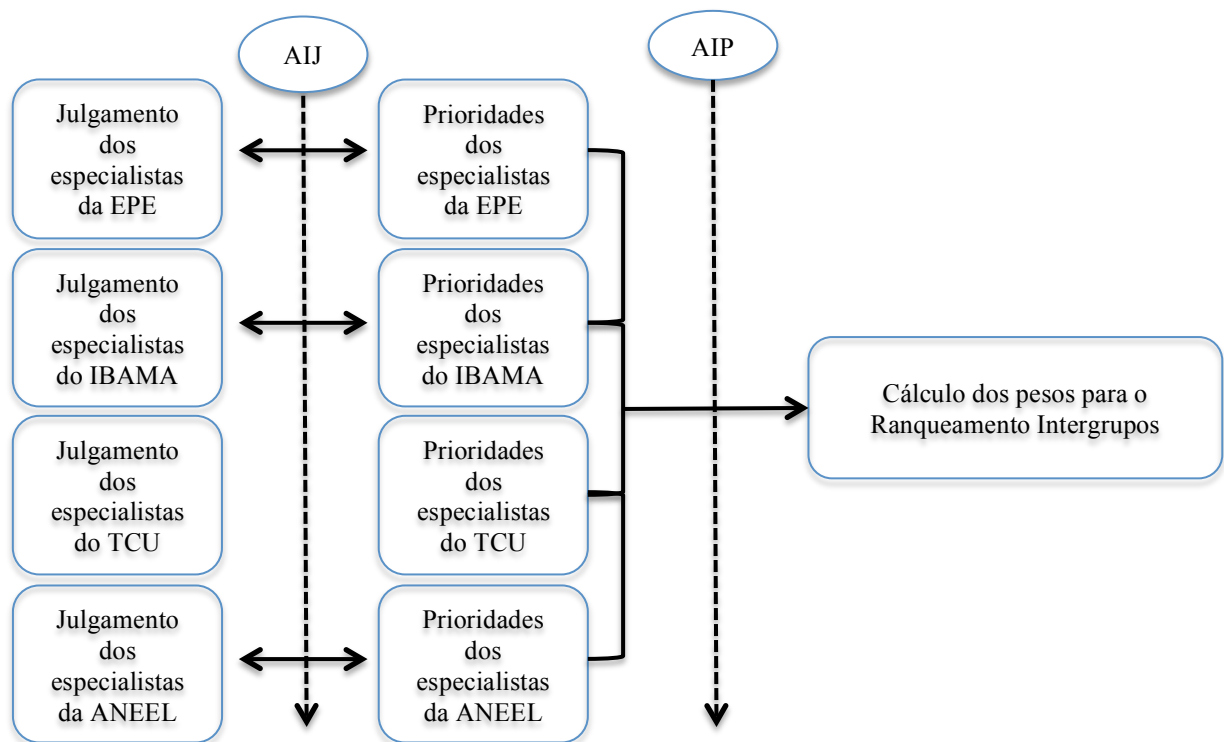


Figura 42 –Estruturação do cálculo dos pesos para a modelagem do cenário 2 (ranqueamento intergrupos)

3.7 Apresentação dos resultados

Como a imagem final dos corredores gerados apresenta uma alta amplitude de valores das células após as operações da álgebra de mapas, para a apresentação final estruturou-se um gradiente de mapa de cores.

No intuito de realçar os trajetos de menor custo entre as duas subestações foi utilizado um indicador do software QGIS chamado Corte de Contagem Cumulativa. Este indicador permite que você defina em porcentagem a faixa de valores que será dividida no mapa de cores. No caso, como o nosso propósito é identificar o sequenciamento de pixels com menores valores, estipulou-se um corte de 20% no realce.

Por exemplo, caso o histograma tenha uma amplitude de valores entre 1 e 100 e se opte por dividir o mapa de cores em 5 cores diferentes, a aplicação do corte de contagem cumulativa dividirá em cores as faixas de valores entre 1 e 4, 5 e 8, 9 e 12, 13 e 16, 17 e 20. Sendo que os valores maiores que 20 ficarão na mesma cor que o último intervalo.

Para ilustrar a operação realizada as figuras 43 e 44 a seguir apresentam respectivamente o corredor teste unitário sem e com o realce de corte de contagem cumulativa de 20%.

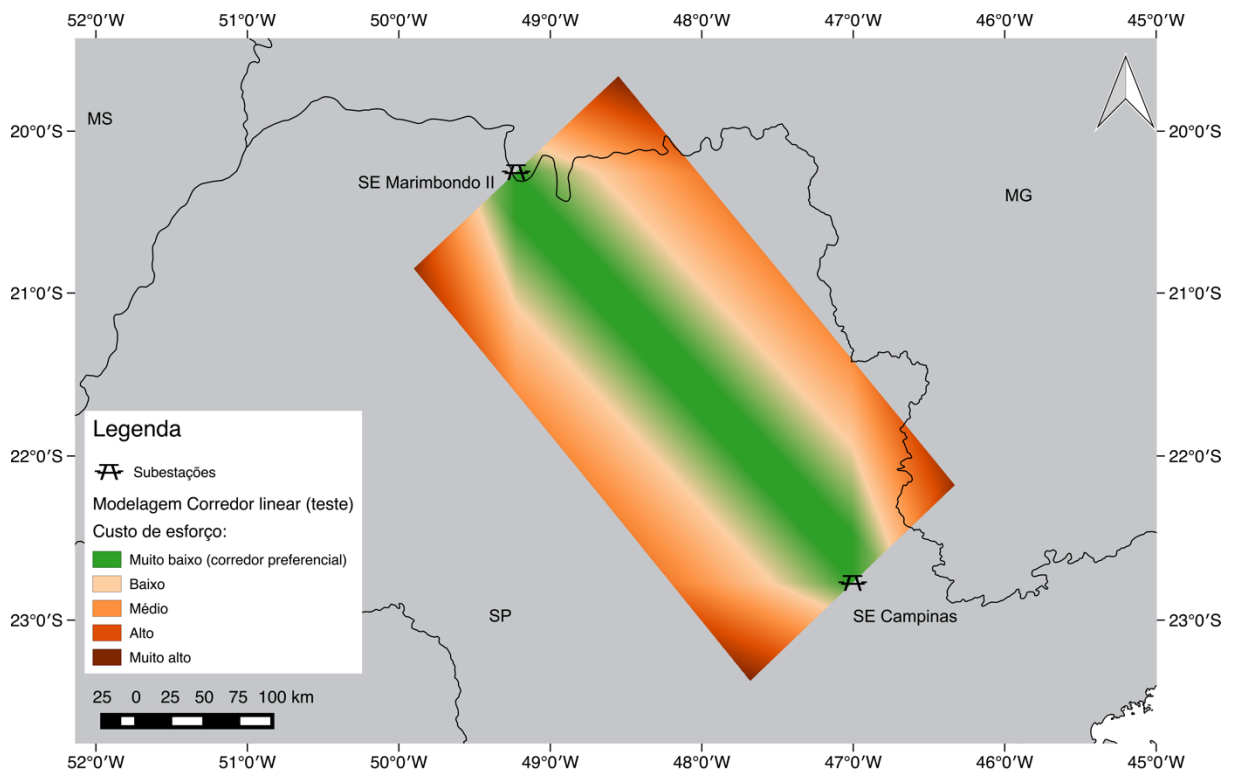


Figura 43 – Corredor linear apresentado sem realce de 20% de seu histograma

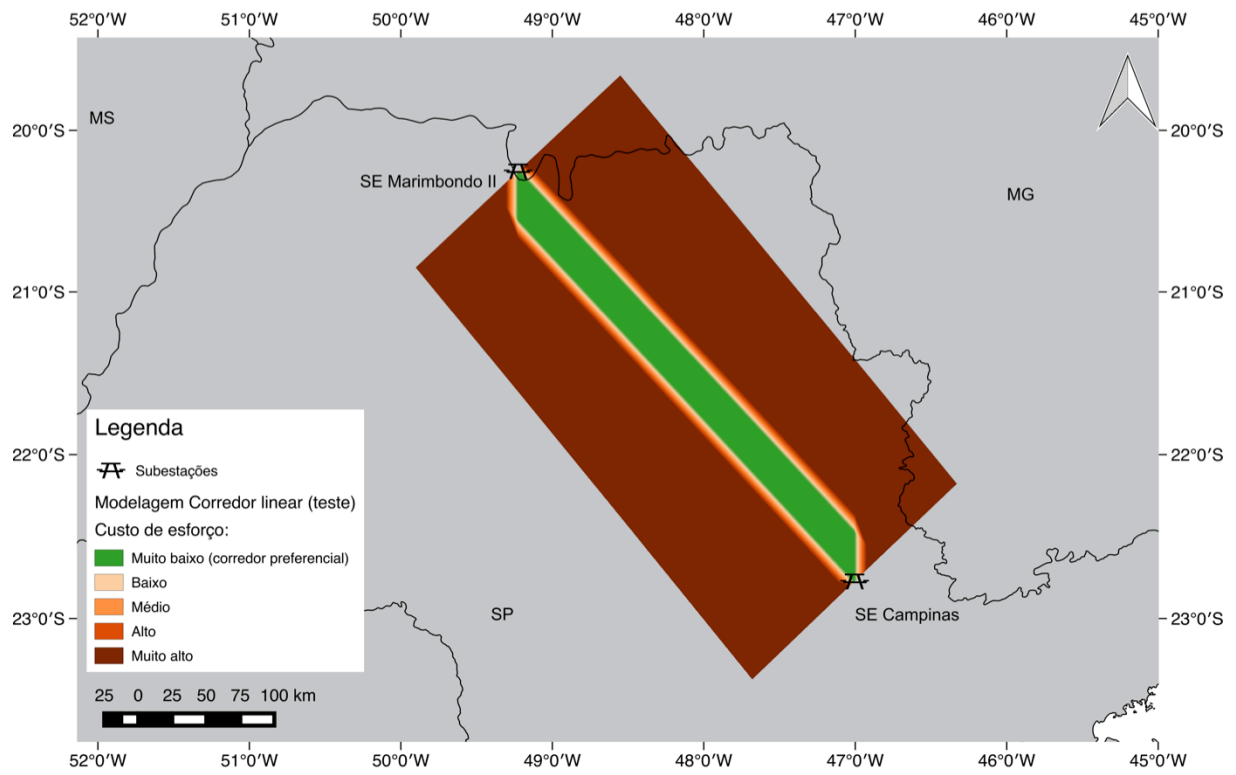


Figura 44 –Corredor linear apresentado com realce de 20% de seu histograma

4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos na execução da modelagem, organizados em três itens: resultados do cenário de modelagem nº 1, resultados do cenário de modelagem nº 2 e conclusões.

4.1 Cenário de modelagem nº 1: Corredores EPE

Este cenário representa a modelagem de corredores calculada a partir das classificações atribuídas pelos especialistas que atuam na EPE. As figuras 45, 46, 47, 48, 49 e 50 apresentam as análises de sensibilidade resultantes do ranqueamento interfatorial de cada grupo de fatores que subsidiaram o cálculo de corredor deste cenário, seguidas pelas respectivas superfícies de custo (ambiental, social e econômico).

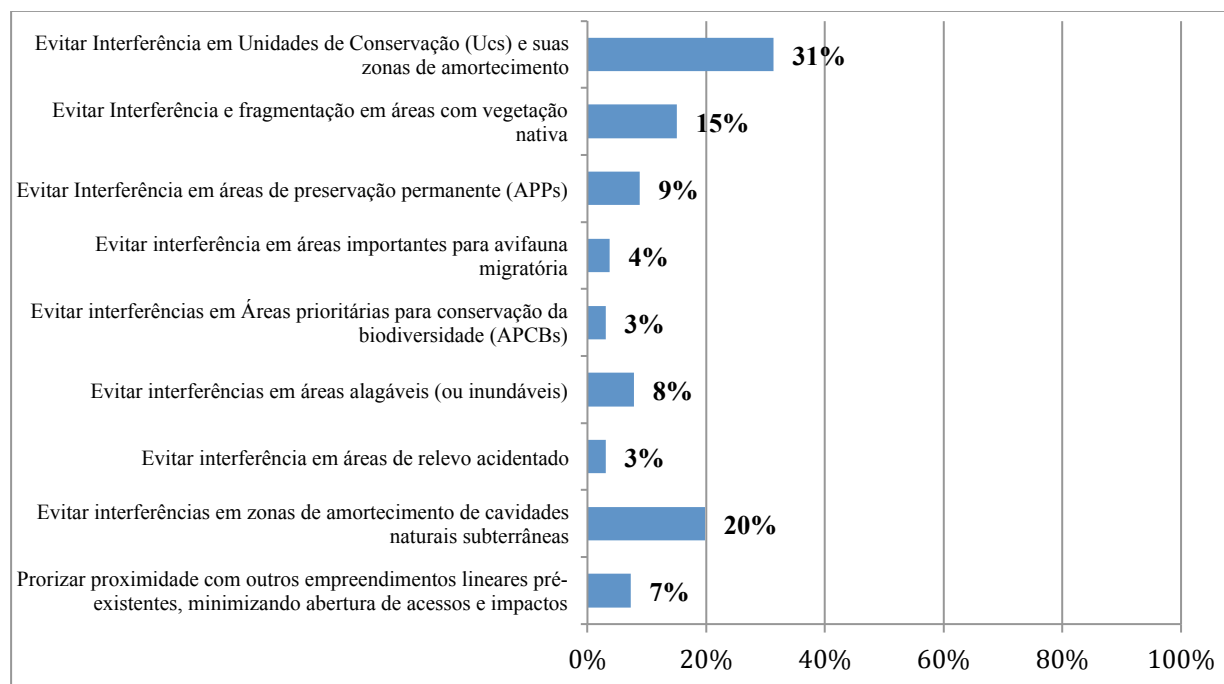


Figura 45 –Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores ambientais referente à modelagem de corredores do cenário 1

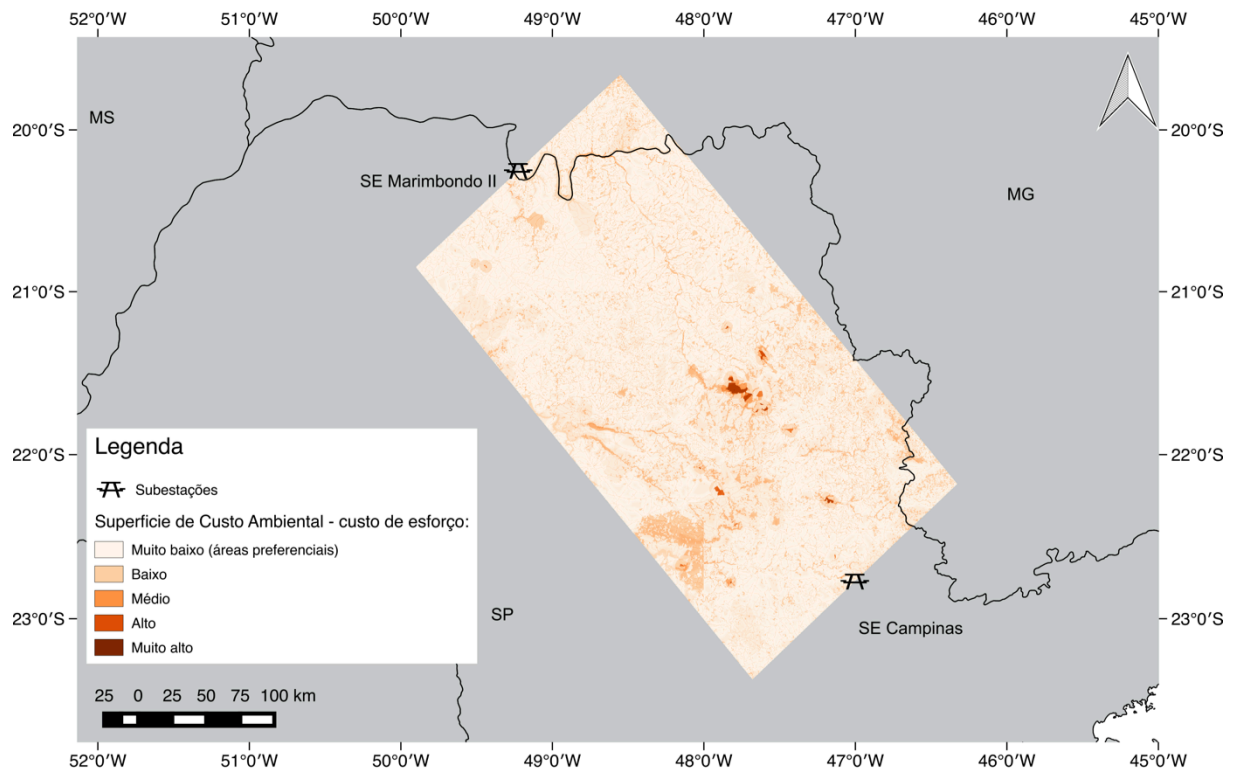


Figura 46 –Superfície de custo ambiental referente à modelagem de corredores do cenário 1

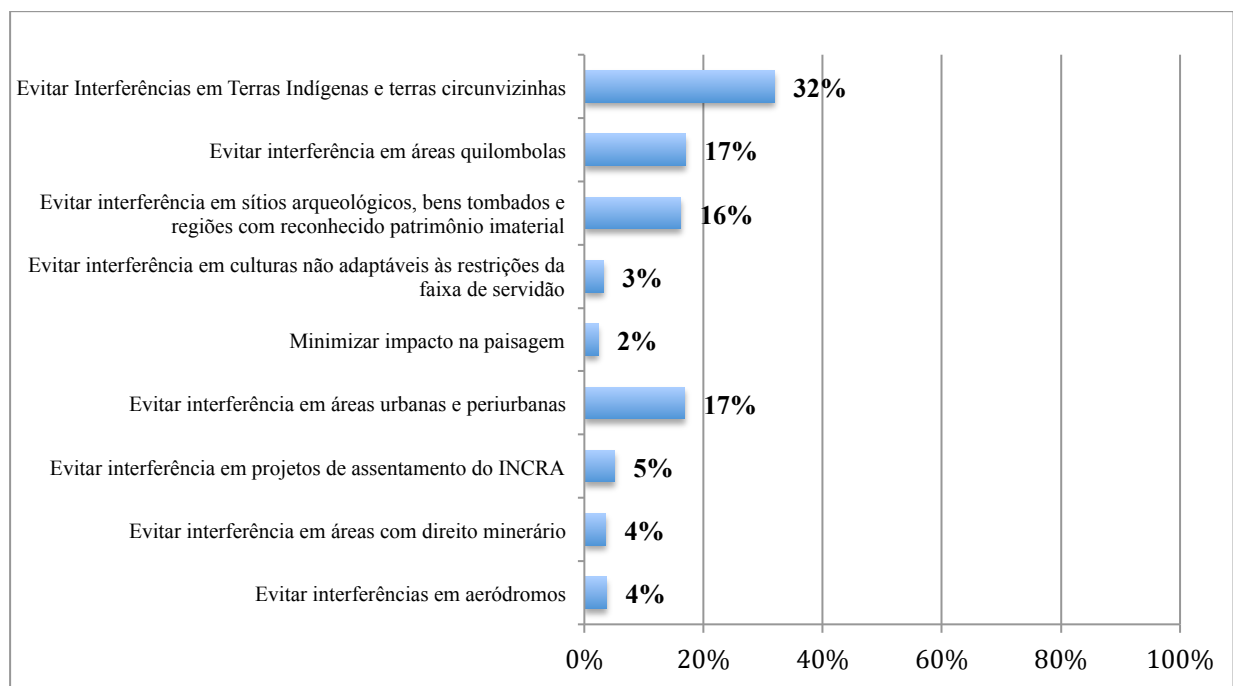


Figura 47 –Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores sociais referente à modelagem de corredores do cenário 1

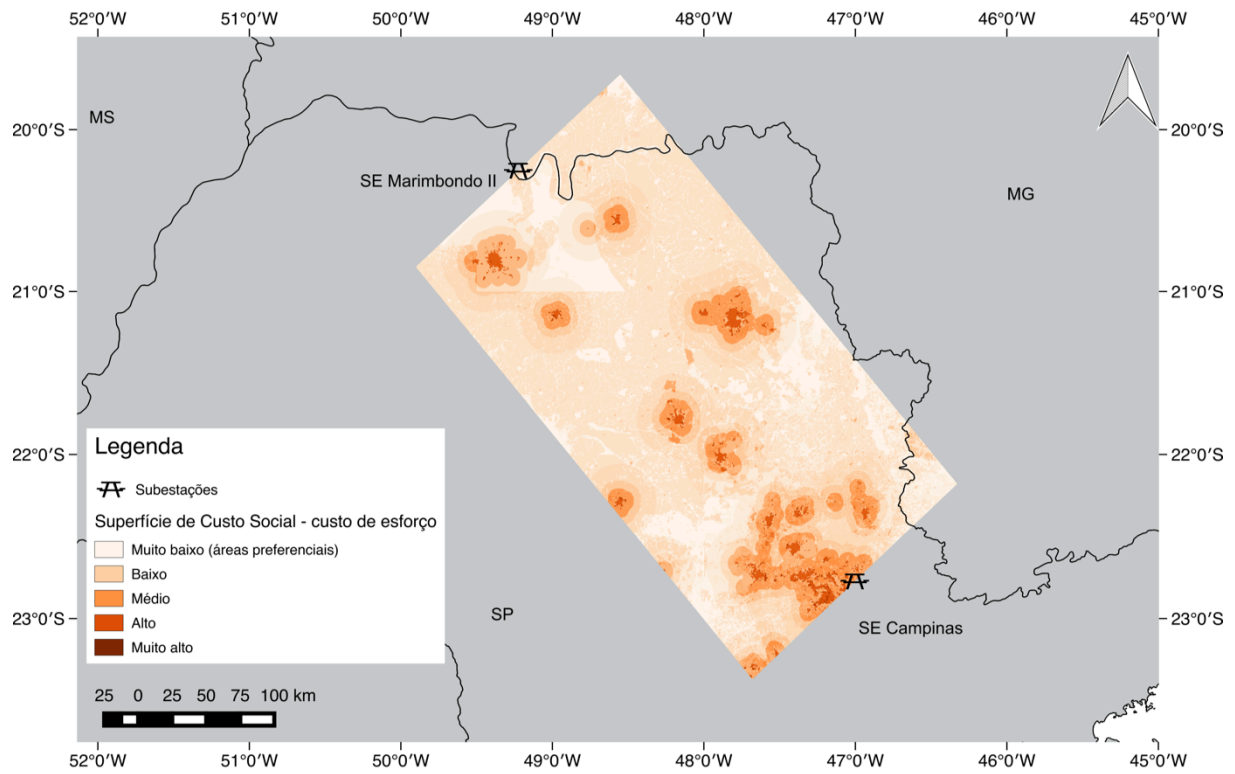


Figura 48 – Superfície de custo social referente a modelagem de corredores do cenário 1

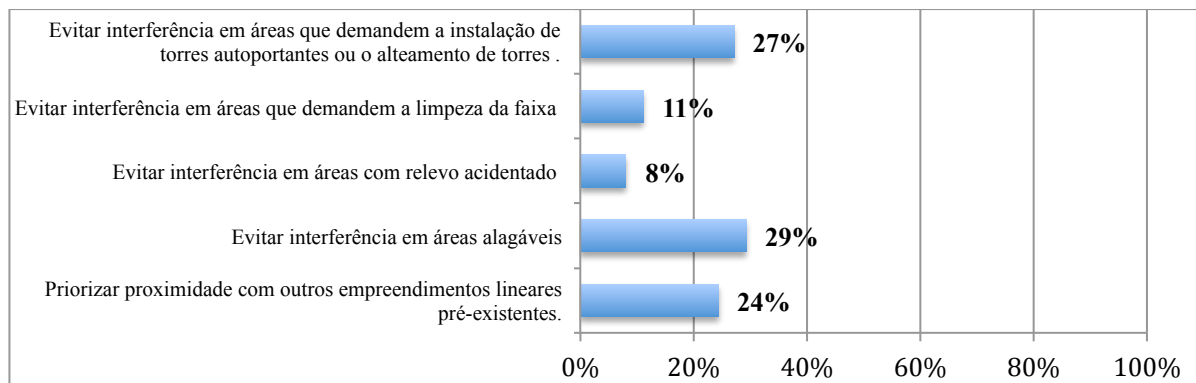


Figura 49 – Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores econômicos referente à modelagem de corredores do cenário 1

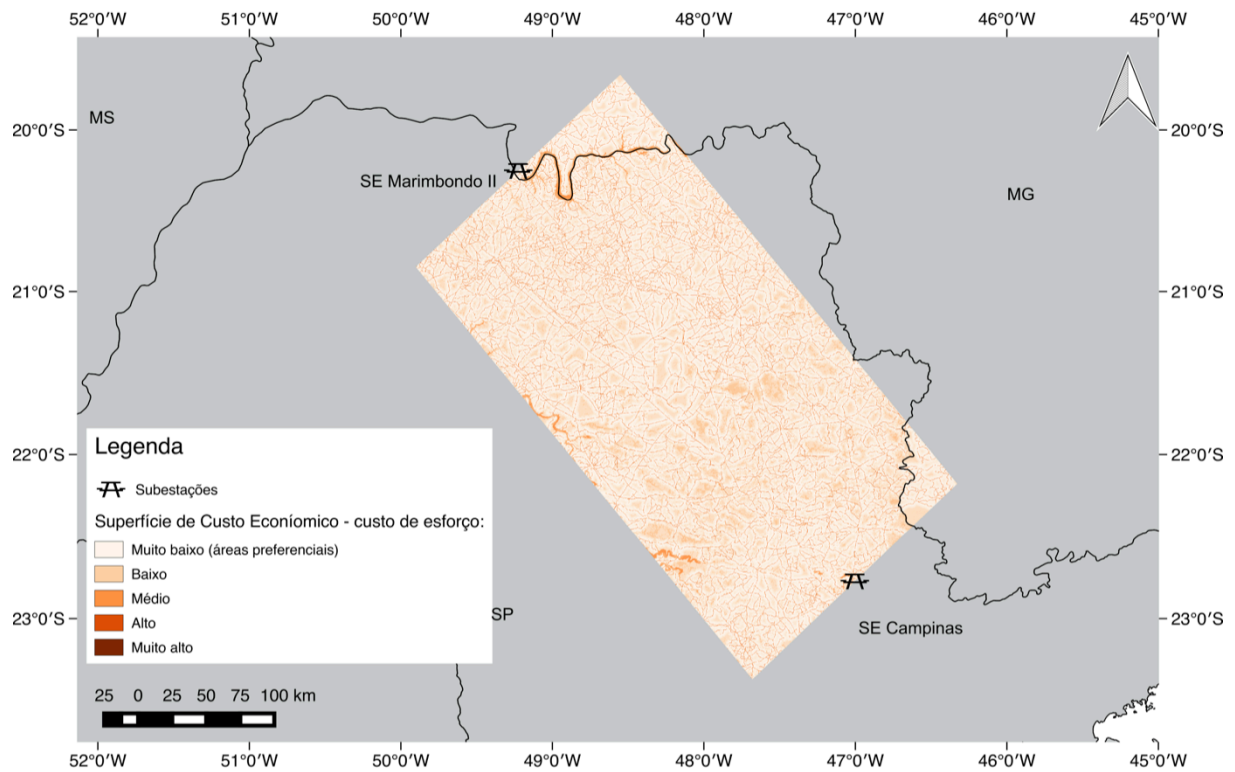


Figura 50 –Superfície de custo econômico referente à modelagem de corredores do cenário 1

Em seguida as figuras 51 e 52 apresentam a análise de sensibilidade do ranqueamento inter-grupos e a superfície de custo global. O anexo D do material complementar apresenta as demais informações que subsidiaram a modelagem, como a consolidação das matrizes AHP das consultas efetuadas e os respectivos testes de consistência.

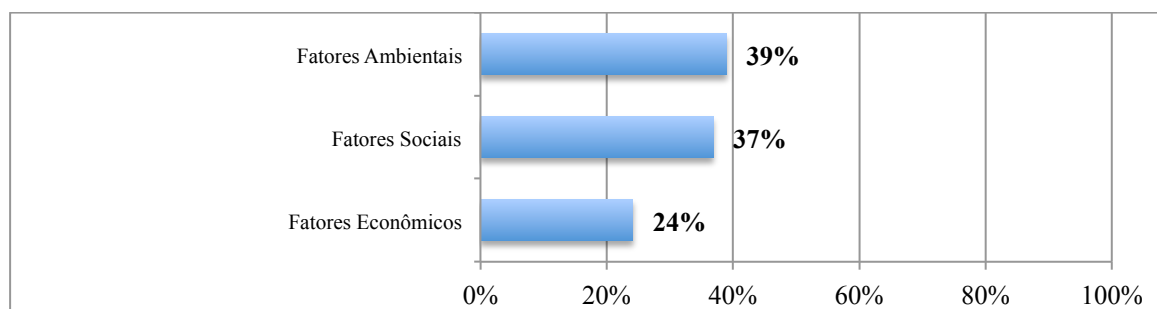


Figura 51 –Análise de sensibilidade do ranqueamento inter-grupos referente a modelagem de corredores do cenário 1

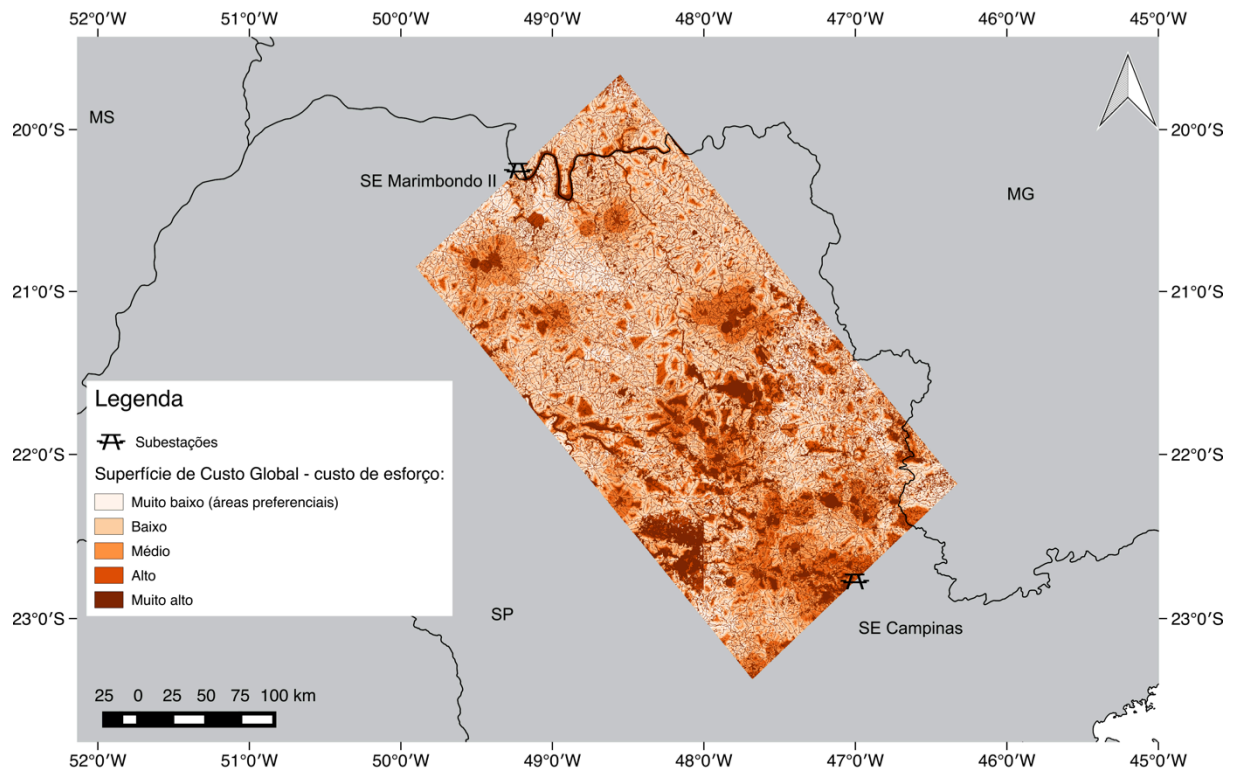


Figura 52 – Corredores Superfície de custo global referente à modelagem de corredores do cenário 1

Constata-se um maior ranqueamento dos critérios relacionados à interferência em UCs (FA1), cavidades naturais subterrâneas (FA5) e áreas com vegetação nativa (FA9), no grupo de fatores ambientais; interferência em TIs (FS1), áreas urbanas (FS2), áreas quilombolas (FS4) e sítios arqueológicos (FS5), no grupo de fatores sociais; e áreas alagáveis (FE2), áreas que demandem a instalação de torres autoportantes ou o alteamento de torres (FE1), e priorização de proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existent (FE4), no grupo de fatores econômicos.

Em contrapartida observa-se menores valores de sensibilidade dos critérios associados aos fatores FA3 (APCBs), FA6 (declividade) e FA4 (áreas importantes para a avifauna migratória), no grupo de fatores ambientais; FS7 (impacto na paisagem), FS9 (fragmentação de culturas agrícolas), FS8 (interferência em áreas de interesse mineral), FS6 (aeródromos) e FS3 (PAs), no grupo de fatores sociais; e FE3 (declividade) e FE5 (necessidade de limpeza da faixa), no grupo de fatores econômicos.

Neste contexto, a princípio pode-se inferir que o delineamento do corredor irá preferenciar a interferência nas áreas classificadas com os fatores mencionados no parágrafo anterior, já que pelos pesos interfatoriais atribuídos, representariam células de menor custo de

esforço para implantação de uma LT. No entanto, há de destacar que esta análise deve ainda considerar o ranqueamento inter-grupos, que pode maximizar ou minimizar a influência de um conjunto de fatores. No caso, a análise entre os grupos ilustrado na figura 51 demonstra a priorização dos fatores ambientais e sociais em detrimento dos fatores econômicos, potencializando a influência dos fatores FA1, FA5, FA9, FS1, FS2, FS4 e FS4 quanto a repulsão e dos fatores FE3 e FE5 quanto a atração por estes apresentarem os menores valores de custo de esforço.

A figura 53 apresenta as alternativas de corredores geradas pela modelagem, com destaque ao corredor preferencial. Destaca-se uma leve tendência para nordeste próximo a SE Campinas e uma bifurcação de alternativas quase no meio do trajeto que, com base em uma análise visual e comparativa entre as superfícies de custo, representam respectivamente a não interceptação em áreas urbanas e não interferência em UCs, vegetação nativa e APCBs.

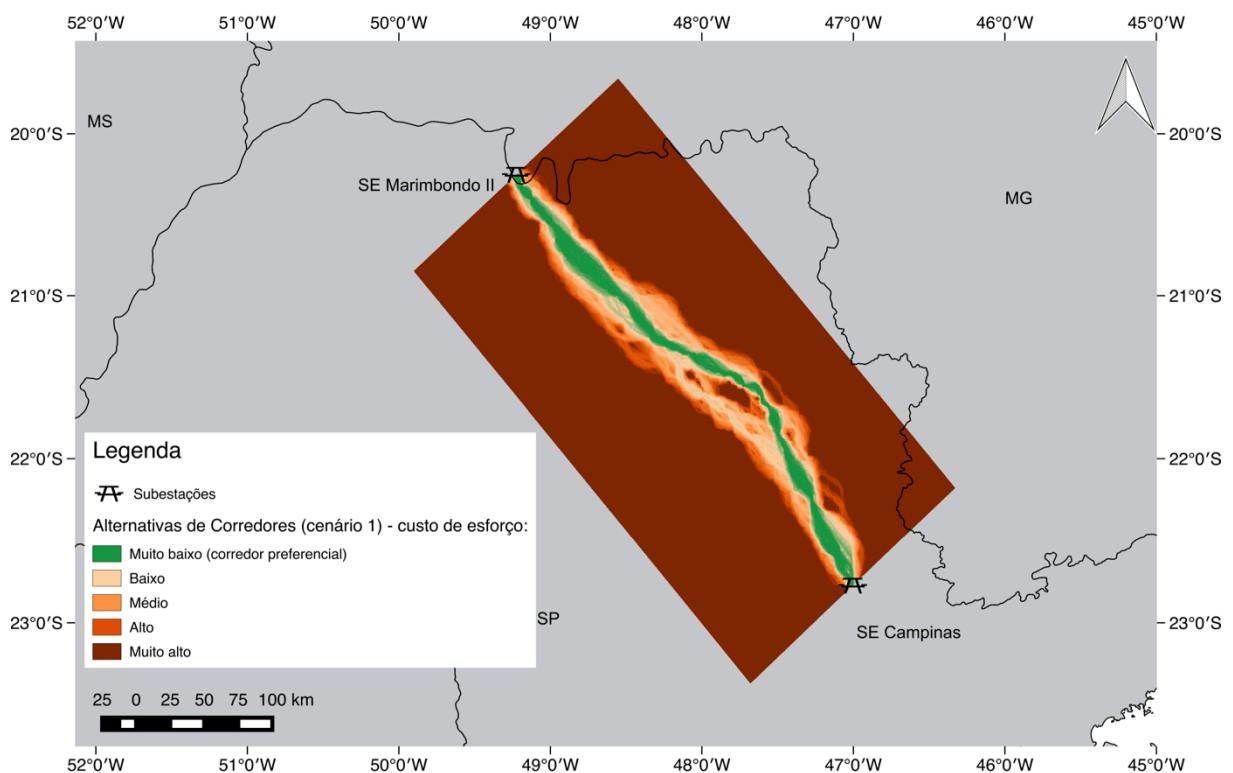


Figura 53 –Corredores resultantes da modelagem no cenário 1

4.2 Cenário de modelagem nº 2: Corredores por perfil de atuação

Este cenário representa a modelagem de corredores calculada a partir das classificações atribuídas pelos especialistas que atuam na EPE, IBAMA, TCU e ANEEL, segundo a área de atuação de cada entidade conforme detalhado na metodologia. As figuras 54, 55, 56, 57, 58 e 59 apresentam a análise de sensibilidade resultantes do ranqueamento interfatorial de cada grupo de fatores que subsidiaram o cálculo de corredor deste cenário, acompanhadas pelas respectivas superfícies de custo (ambiental, social e econômico).

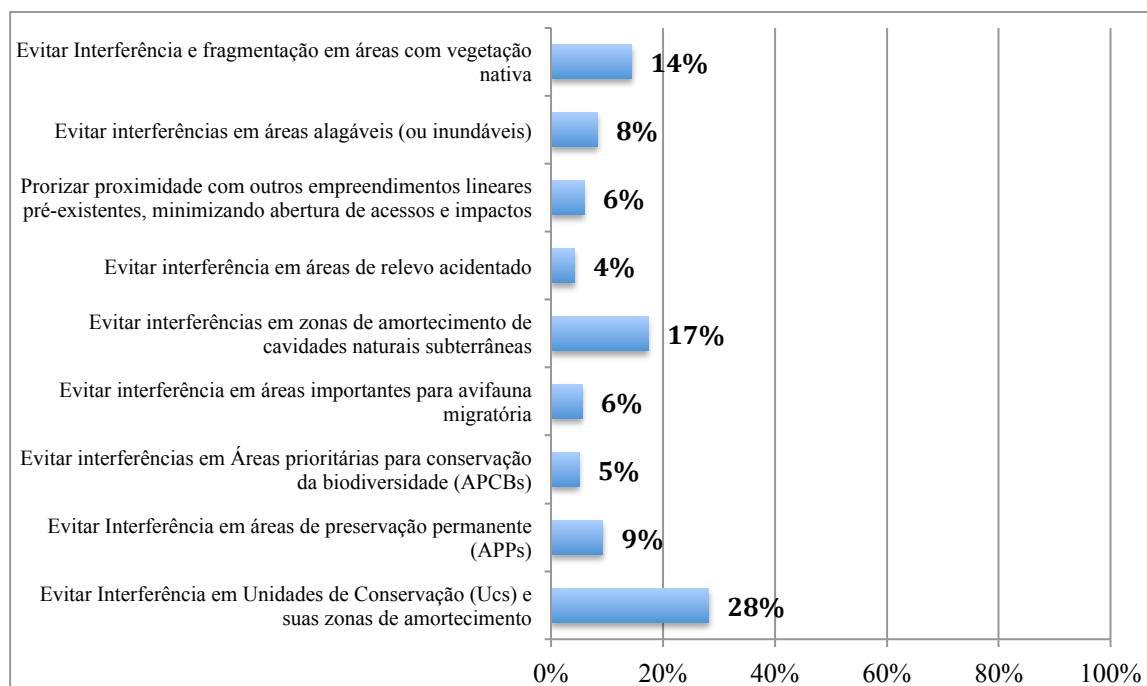


Figura 54 –Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores ambientais referente à modelagem de corredores do cenário 2

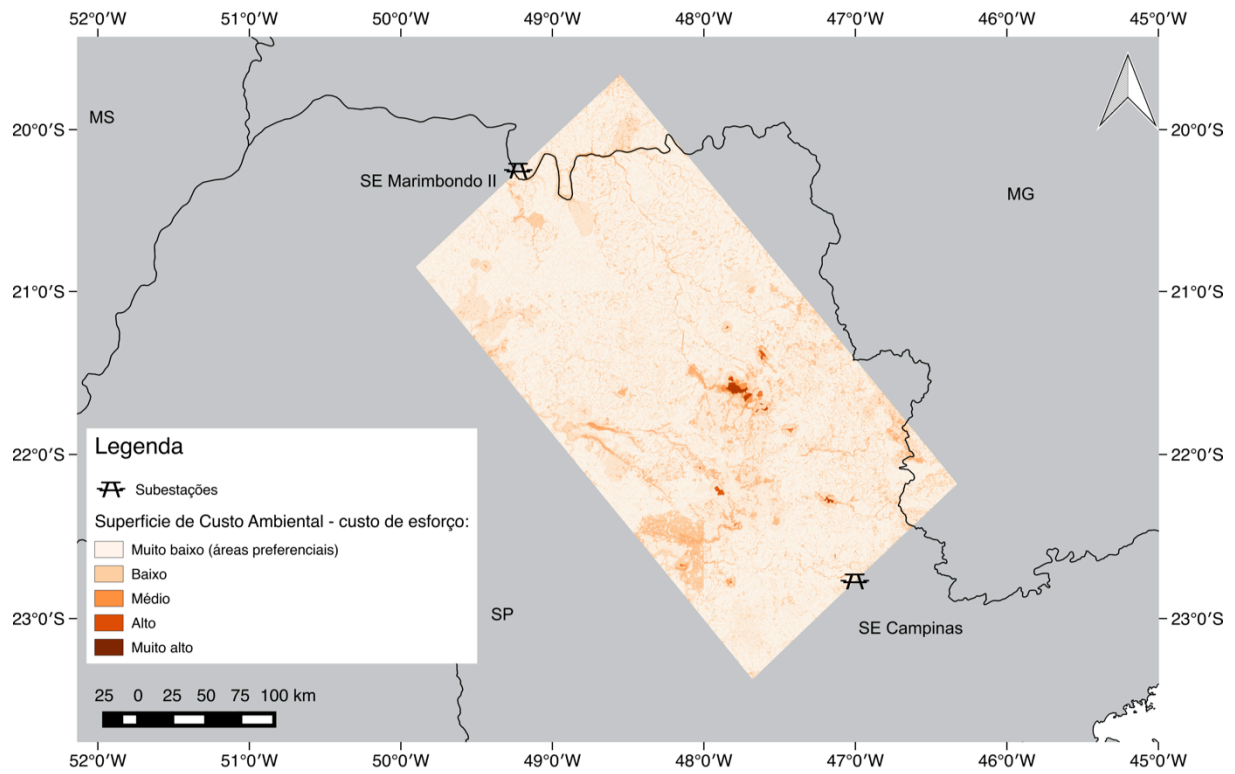


Figura 55 –Superfície de custo ambiental referente à modelagem de corredores do cenário 2

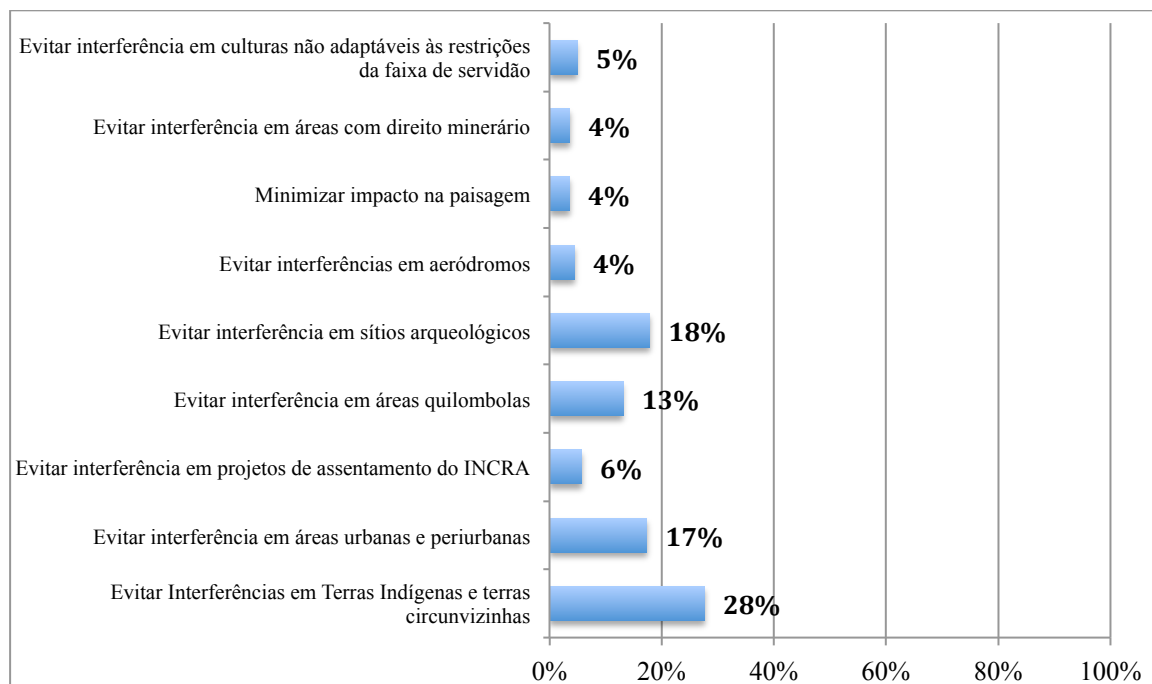


Figura 56 - Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores sociais referente à modelagem de corredores do cenário 2

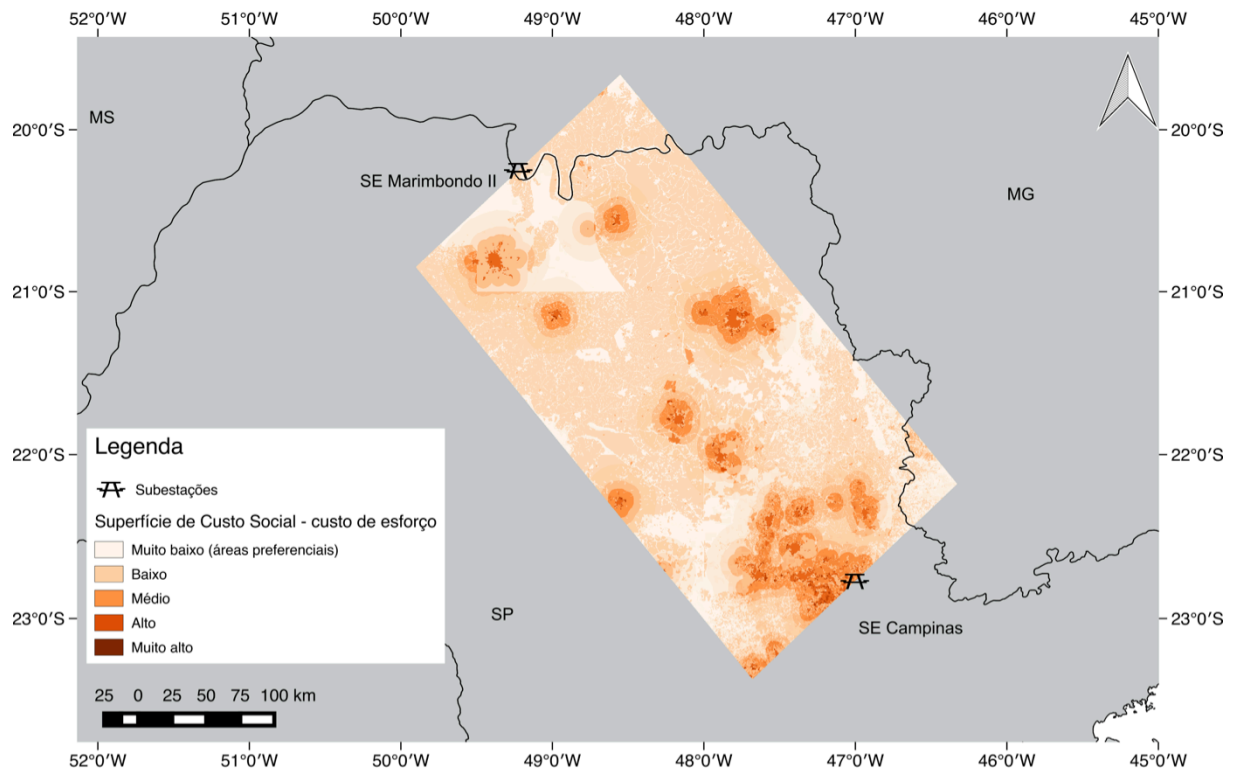


Figura 57 –Superfície de custo Social referente à modelagem de corredores do cenário 2

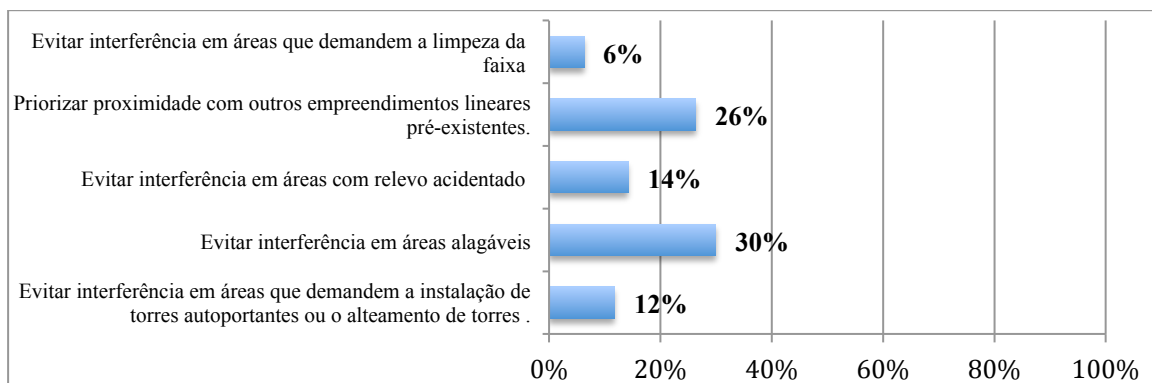


Figura 58 –Análise de sensibilidade do ranqueamento interfatorial do grupo de fatores econômicos referente à modelagem de corredores do cenário 2

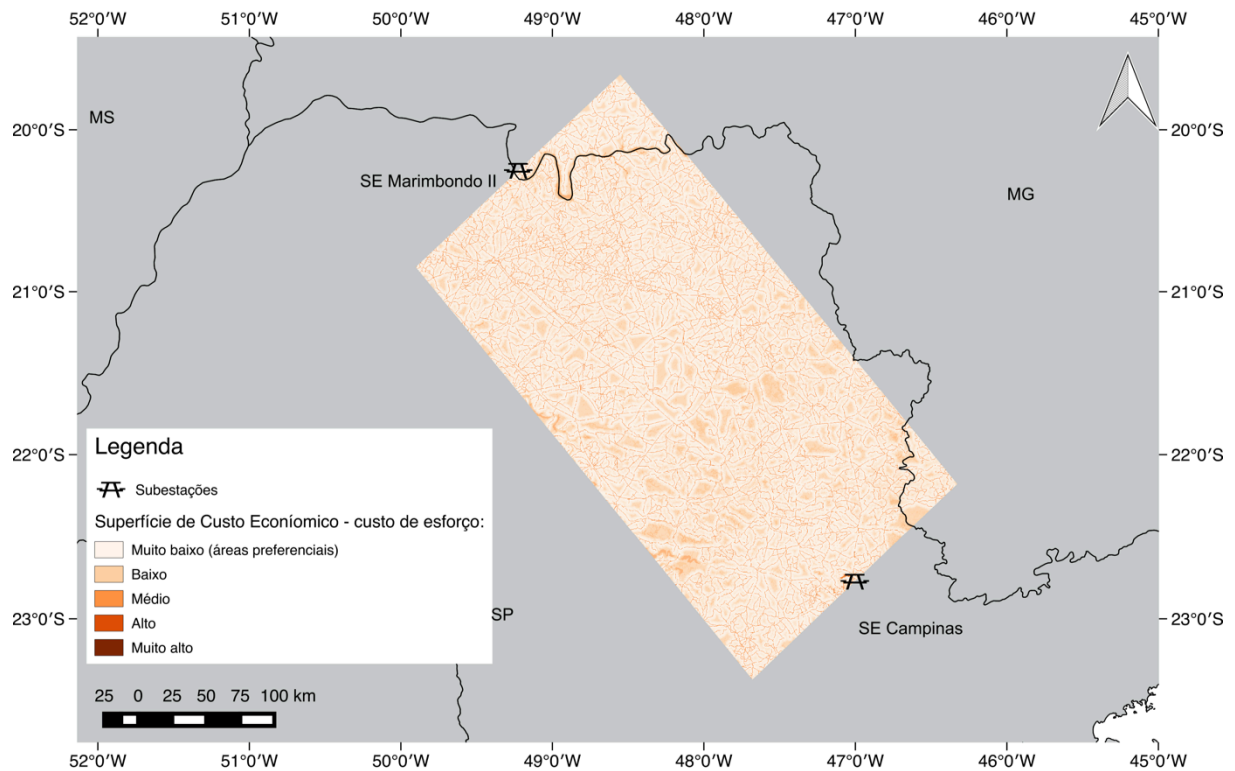


Figura 59 – Superfície de custo Econômico referente à modelagem de corredores do cenário 2

As figuras 60 e 61 apresentam a análise de sensibilidade do ranqueamento inter-grupos e superfície de custo global. O anexo E do material complementar apresenta as demais informações que subsidiaram a modelagem, como a consolidação das matrizes AHP das consultas efetuadas e os respectivos testes de consistência.

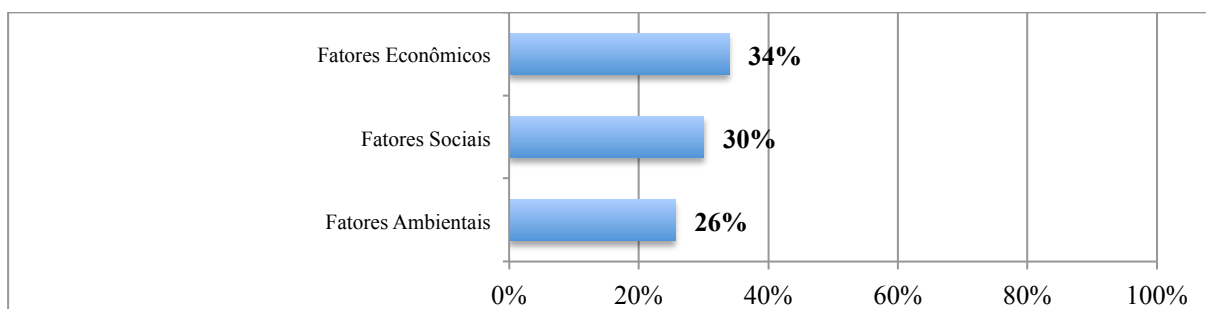


Figura 60 –Análise de sensibilidade do ranqueamento inter-grupos referente à modelagem de corredores do cenário 2

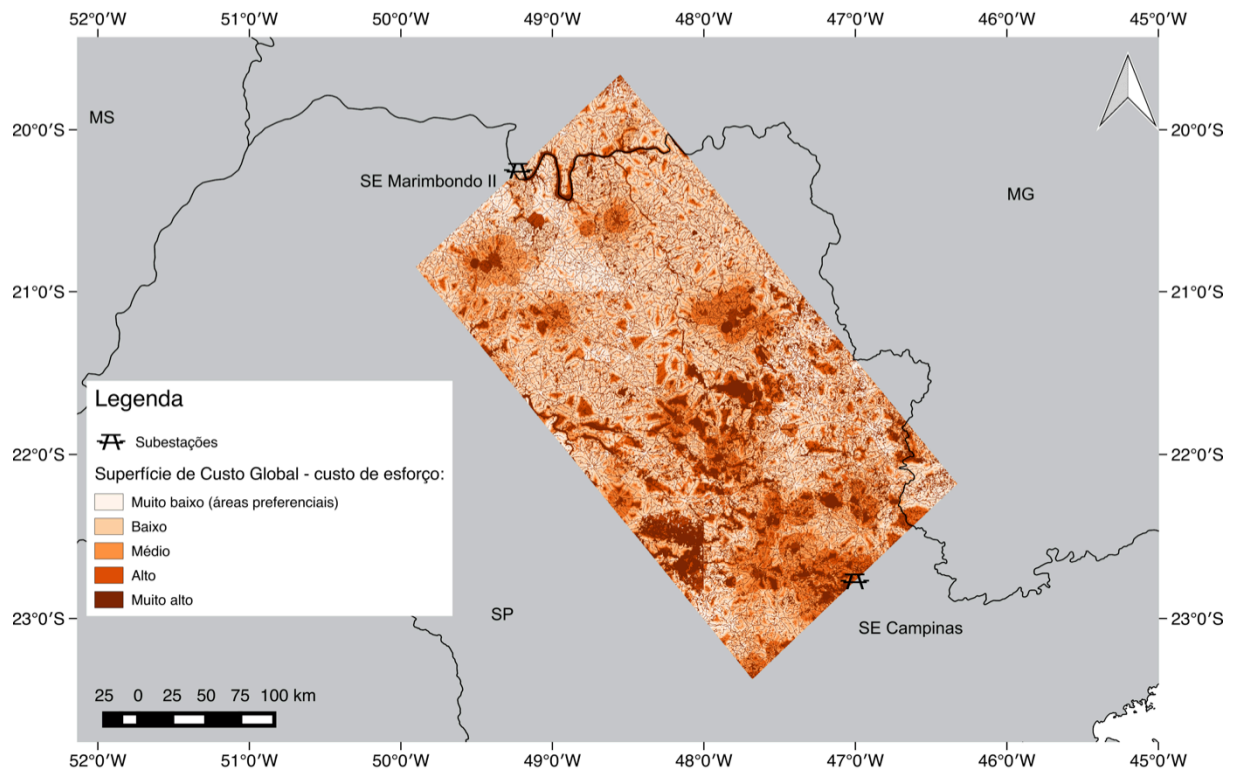


Figura 61 –Superfície de custo global referente à modelagem de corredores do cenário 2

Para este cenário, de forma similar ao cenário 1 constata-se um maior ranqueamento dos critérios relacionados a interferência em UCs (FA1), cavidades naturais subterrâneas (FA5) e áreas com vegetação nativa (FA9), no grupo de fatores ambientais; e interferência em TIs (FS1), áreas urbanas (FS2), áreas quilombolas (FS4) e sítios arqueológicos (FS5), no grupo de fatores sociais. Para o grupo de fatores econômicos observa-se uma diferença na ordem de priorização, tendo-se um maior ranqueamento dos critérios relacionados a áreas alagáveis (FE2) e priorização de proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existent (FE4).

Em outra perspectiva observa-se menores valores de sensibilidade dos critérios associados aos fator FA6 (declividade), FA3 (APCBs), FA4 (áreas importantes para a avifauna migratória) e FA7 (Paralelismo com outros empreendimentos lineares), no grupo de fatores ambientais; FS6 (aeródromos), FS7 (impacto na paisagem), FS8 (interferência em áreas de interesse mineral), FS9 (fragmentação de culturas agrícolas), e FS3 (PAs) no grupo de fatores sociais; e FE5 (necessidade de limpeza da faixa), no grupo de fatores econômicos.

A análise entre os grupos ilustrado na figura 60 demonstra um certo equilíbrio dos pesos entre os grupos de fatores, conforme podia se esperar tendo em vista a multidisciplinaridade dos atores consultados.

A figura 62 ilustra as alternativas de corredores geradas, com destaque ao corredor preferencial. Os corredores acompanham as tendências observadas na modelagem do cenário 1 com uma tendência para nordeste próximo a SE Campinas e uma bifurcação de alternativas quase no meio do trajeto, relacionada a não interferência em UCs, vegetação nativa, APCBs e áreas urbanas.

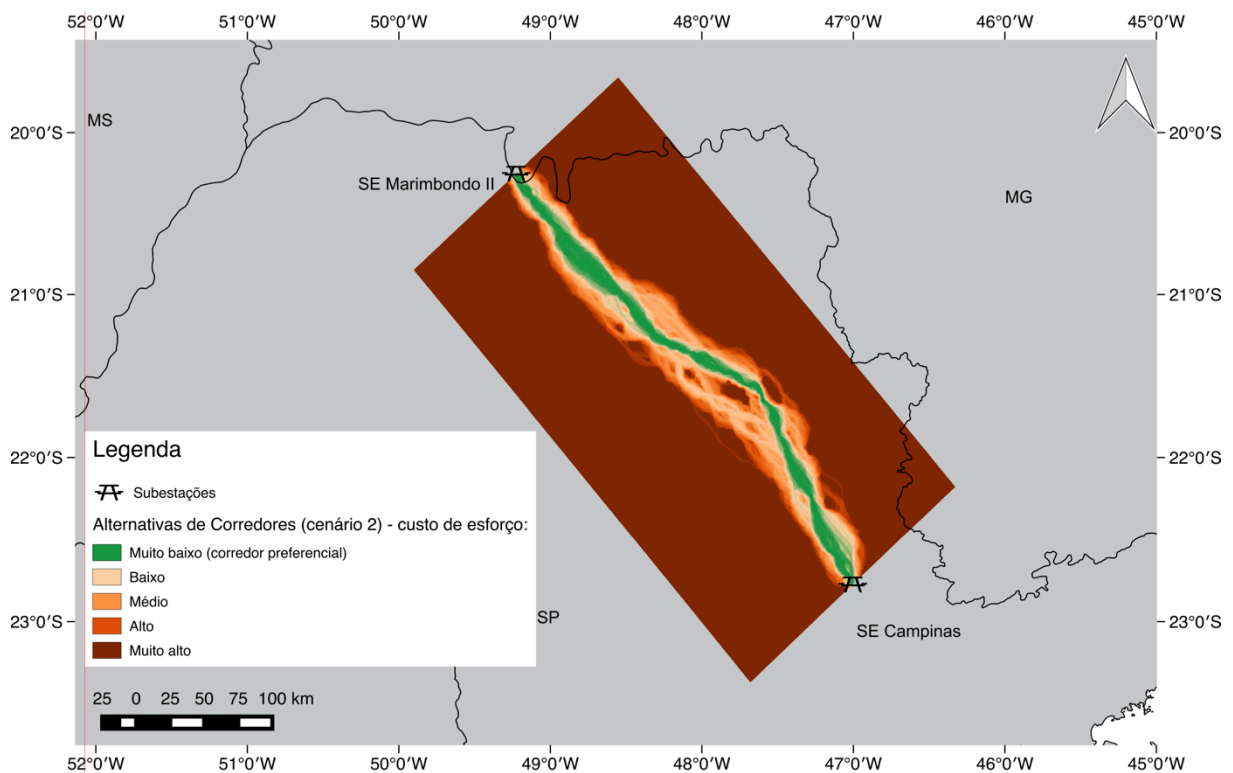


Figura 62 – Corredores resultantes da modelagem no cenário 2

4.3 Conclusões

Os resultados obtidos apresentam a similaridade entre os corredores modelados nos dois cenários, ao menos considerando-se o estudo de caso aplicado, os critérios considerados e a escala de dados utilizada. Uma análise comparativa em melhor escala permite identificar diferenças nas alternativas de corredores de baixo e médio custo de esforço ao longo do trajeto, em especial há cerca de 100 Km da SE Campinas, próximo a bifurcação de alternativas gerada no centro do caminhamento. Todos estes segmentos diferenciados estão detalhados nas figuras 63, 64 e 65. Como a modelagem trabalha com gradiente de custo de esforço, todas alternativas geradas devem ser consideradas nas etapas posteriores ao estudo de corredores, e não apenas a alternativa preferencial, visto que o propósito da investigação de alternativas de corredores é apoiar o planejamento e o desenvolvimento do projeto ocorrem em nível de traçado. Se tratando de um empreendimento que é instalado em uma área entre 30 e 70 metros de largura, alternativas que representem diferenças de quilômetros podem ser importantes na tomada de decisão final.

As consultas efetuadas junto aos especialistas também foram consideradas bem sucedidas visto que mesmo desconhecendo como o método AHP trabalha, não houve nenhum ranqueamento concluído de forma inconsistente. O anexo C do material complementar apresenta de forma detalhada o roteiro pré-estabelecido para as consultas, elemento da pesquisa que pode ter contribuído a este resultado, visto que ele foi elaborado considerando-se que os especialistas não foram previamente treinados sobre o AHP.

Um ponto que merece destaque e que teve influência na similaridade dos resultados diz respeito às características espaciais dos fatores considerados no modelo, visto que a sua localização e a sua abrangência espacial também influenciam no cálculo dos corredores. Por exemplo, a influência atrativa de um fator com base nos ranqueamentos pode não influenciar no cálculo do corredor caso este fator não esteja localizado próximo à linha linear entre as duas subestações ou, esta influência pode ainda ser minimizada na escala de estudo de corredor e maximizada na escala de estudo de traçado caso a sua área total seja pequena. Esta lógica funciona de forma inversa para fatores de alta abrangência espacial, como por exemplo unidades de conservação e áreas urbanas.

Comparando os resultados alcançados com as superfícies de custo individuais de cada fator, conclui-se que os resultados obtidos retratam a capacidade do modelo em:

- (i) evitar áreas espacialmente abrangentes próximas a reta que conectaria os dois pontos em análise que foram classificadas como de alto e médio custo de esforço;
- (ii) evitar áreas com sobreposição espacial de fatores, como por exemplo a região de alto custo visualmente identificada nas superfícies de custo ambiental, referente a sobreposição dos fatores FA1 e FA9 e;
- (iii) priorizar áreas onde não haja a presença de fatores com médio e alto custo de esforço localizadas próximas a reta que conectaria os pontos de início e fim.

Por fim, ressalta-se a capacidade da modelagem em incluir na investigação de alternativas de corredores variáveis de diferentes características, como critérios ambientais, sociais e econômicos. Podendo-se espacializá-los em mapas e classificá-los de acordo com a sua forma de influência em termos de custo de esforço, outros critérios podem ser inseridos em estudos deste porte.

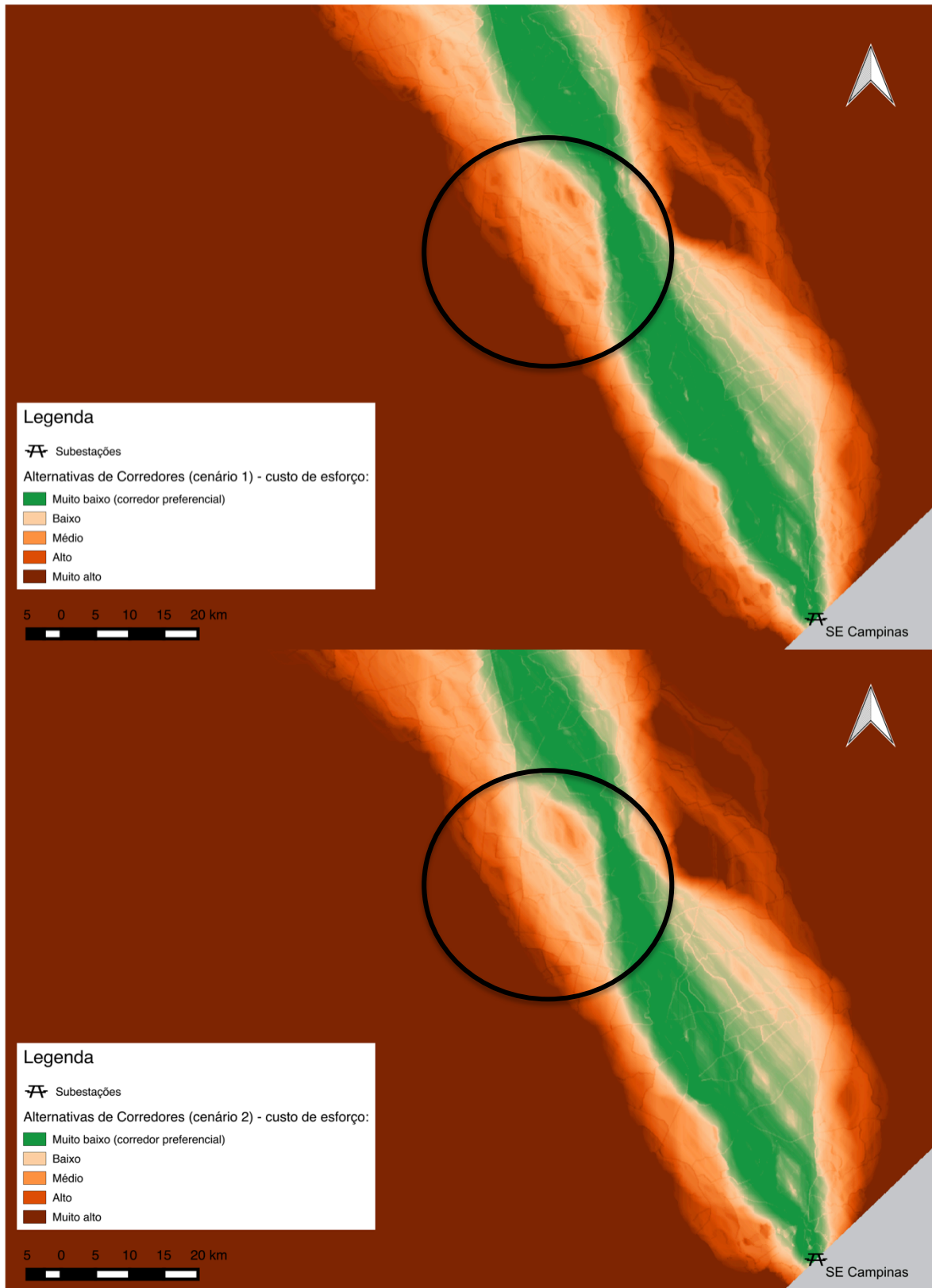


Figura 63 – 1º Segmento diferenciado de alternativas de corredores entre os cenários 1 e 2 (Km 0 ao Km 100, direção SE Campinas – SE Marimbondo II)

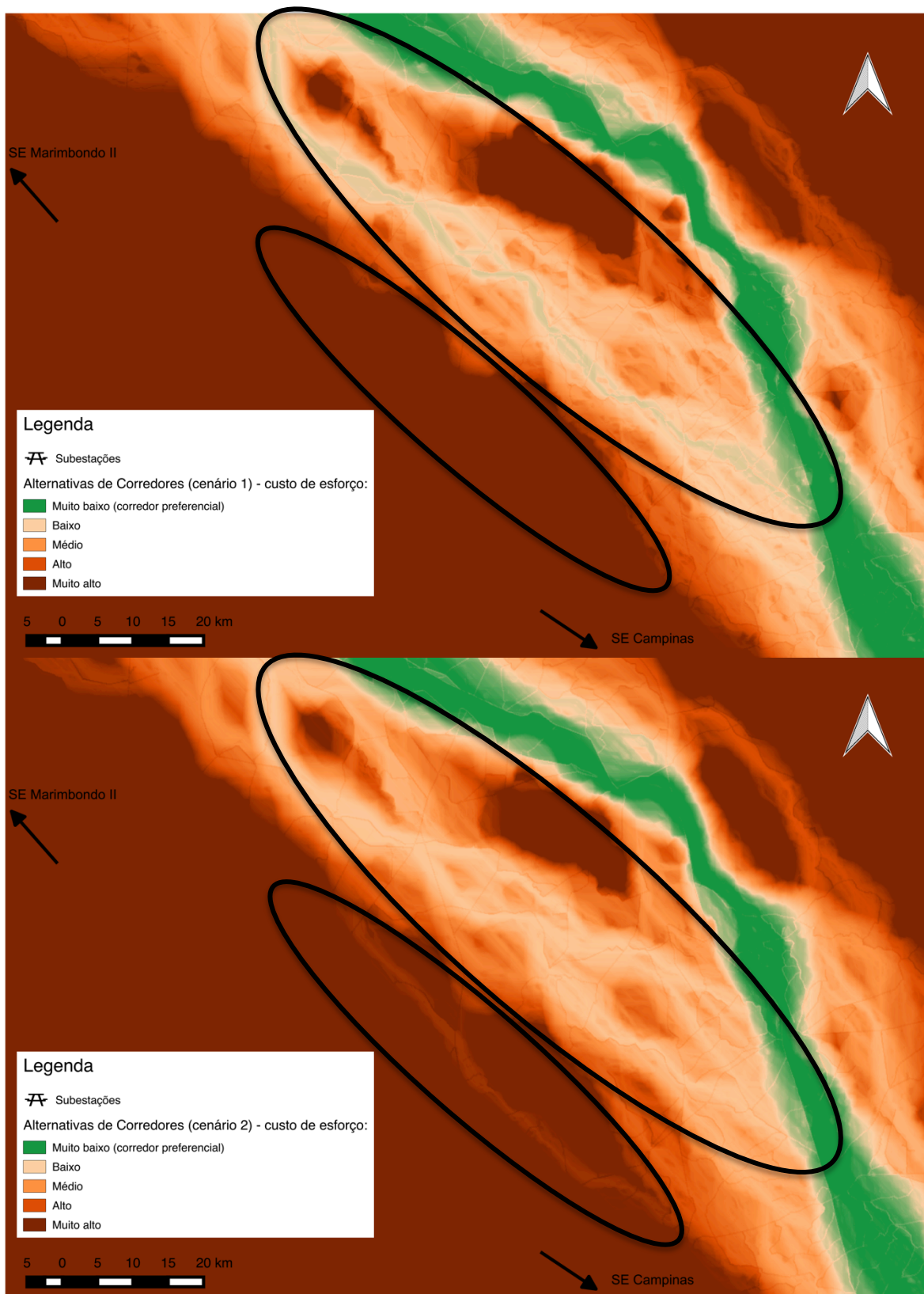


Figura 64 – 2º e 3º Segmentos diferenciados de alternativas de corredores entre os cenários 1 e 2 (Km 100 ao Km 230, direção SE Campinas – SE Marimbondo II)

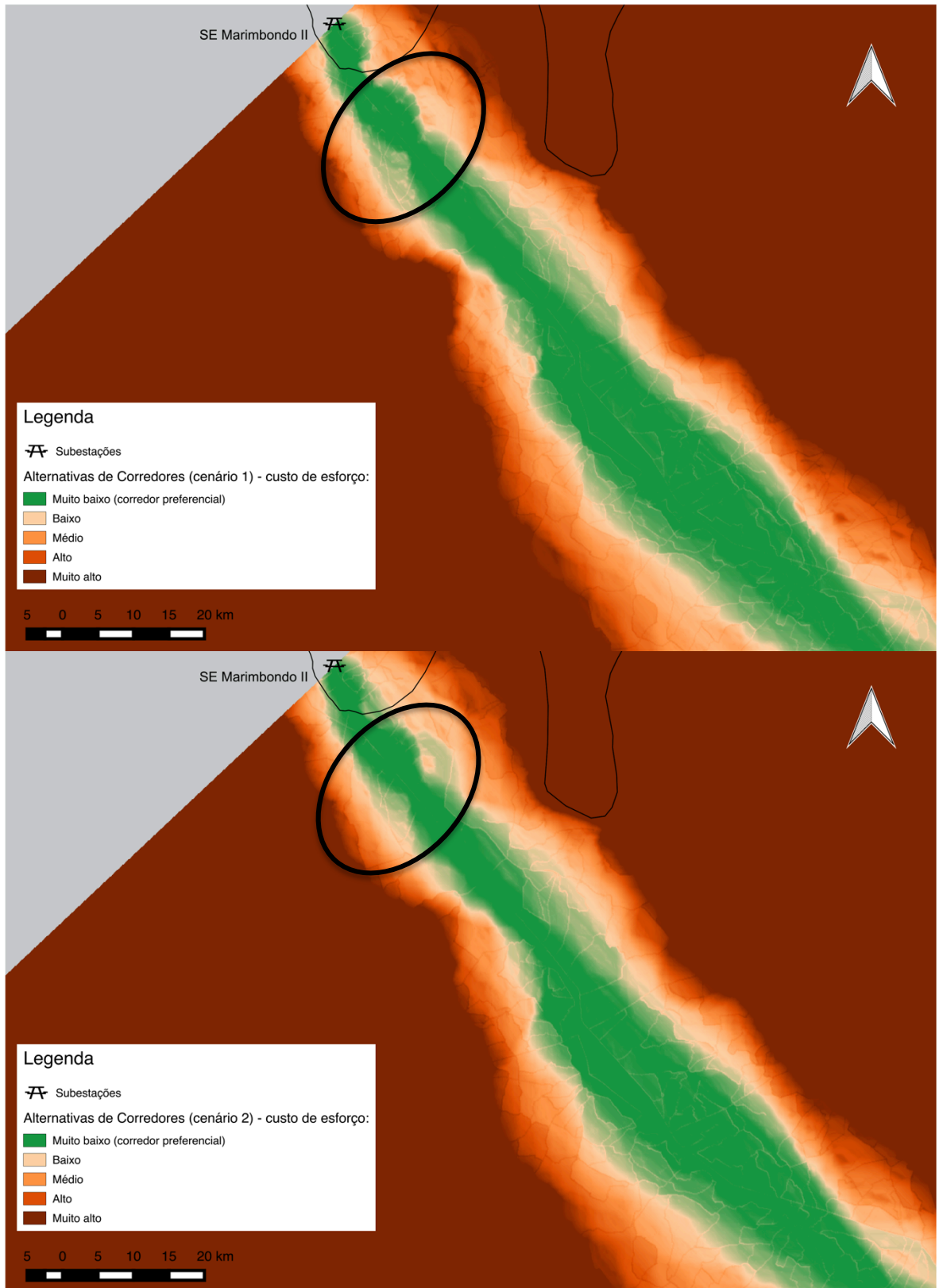


Figura 65 – 4º Segmento diferenciado de alternativas de corredores entre os cenários 1 e 2 (últimos 120km)

5 DISCUSSÕES

5.1 Quanto a aplicabilidade da técnica

A modelagem desenvolvida representa uma abordagem piloto para o desenvolvimento de alternativas de corredores para LTs. Diante dos testes efetuados ao longo da pesquisa e os resultados alcançados, entende-se que a técnica de modelagem de alternativas de corredores descrita é aplicável ao planejamento locacional de Linhas de Transmissão de energia e pode contribuir para a qualificação de projetos de LTs e o seu licenciamento ambiental. O modelo busca caminhos mais curtos e de menor custo de esforço entre os pontos de início e fim, conforme a presença dos fatores de interesse na área de estudo e com base nos ranqueamentos efetuados.

As figuras 66 e 67 apresentam o corredor do Relatório R3 do estudo de caso sobreposto aos corredores modelados. Nestas mesmas figuras identifica-se o trecho do empreendimento que não foi autorizado pela licença de instalação emitida em favor do projeto pelo Ibama (LI nº 1073/2015 de 19/08/2015), tendo em vista divergências em relação ao traçado proposto no âmbito de seu procedimento de licenciamento ambiental. Observa-se que os dois corredores modelados apresentam tendências contrárias ao corredor do Relatório R3 nas proximidades da SE Araraquara, inclusive não interceptando a região de bloqueio da LI.

Confrontando os mapas de custo individuais dos fatores considerados na modelagem com os resultados em tela, constatou-se que esta tendência inicial para NE procura áreas preferenciais relacionadas ao fator FS2, referente a não interferência em áreas urbanas e periurbanas, conforme é demonstrado na figura 68. Justamente um dos critérios que está relacionado ao Bloqueio da LI, visto que conforme o parecer técnico da equipe do órgão ambiental responsável o bloqueio envolve uma “eventual interferência do traçado com o projeto de vôo livre, turismo e conservação ambiental no Município de Taguaritinga” (NAIME; NUNES, 2014) além da interceptação do traçado proposto em área de expansão de um aeroporto e uma área de reserva legal próximos ao município de São Carlos/SP.

Esta consideração não sinaliza que os corredores modelados são piores ou melhores que o corredor do Relatório R3 pois não é possível afirmar que os corredores resultantes não provocariam outras questões de divergências locacionais.

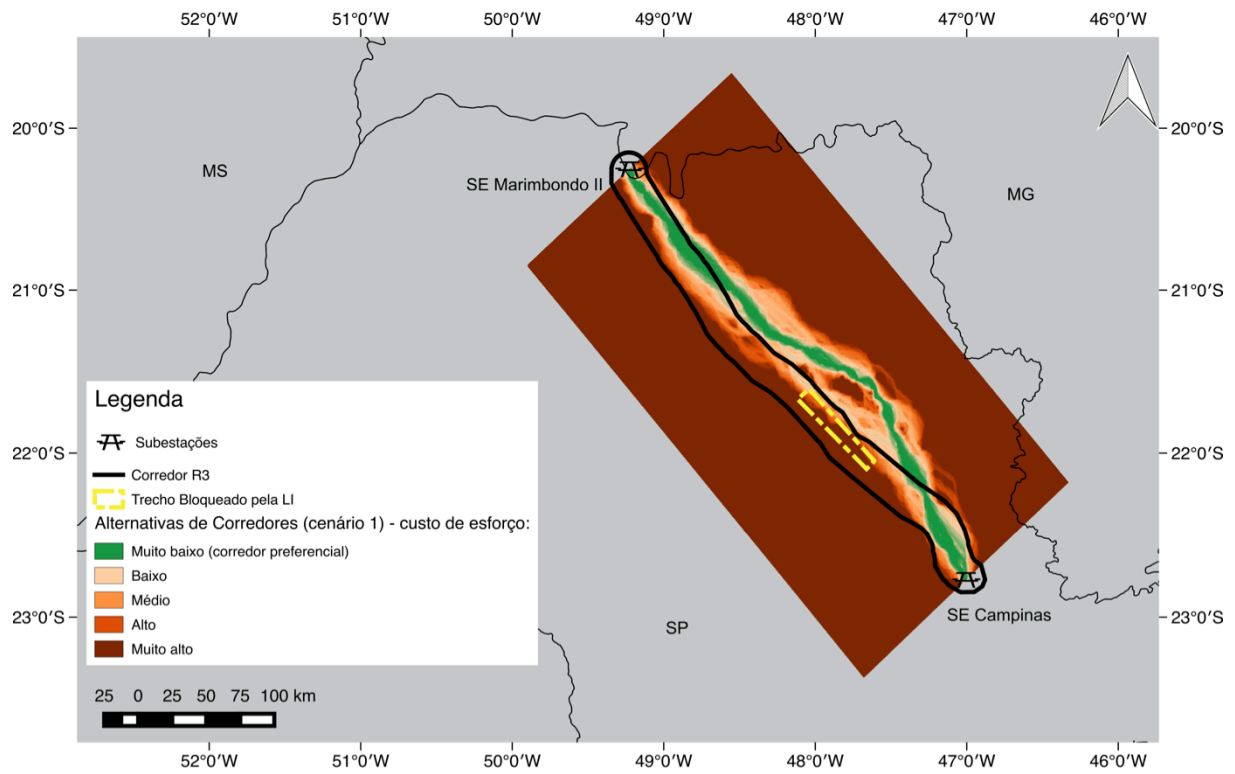


Figura 66 – Sobreposição do corredor do Relatório R3 no corredor modelado no cenário 1, com destaque ao trecho não autorizado pela LI

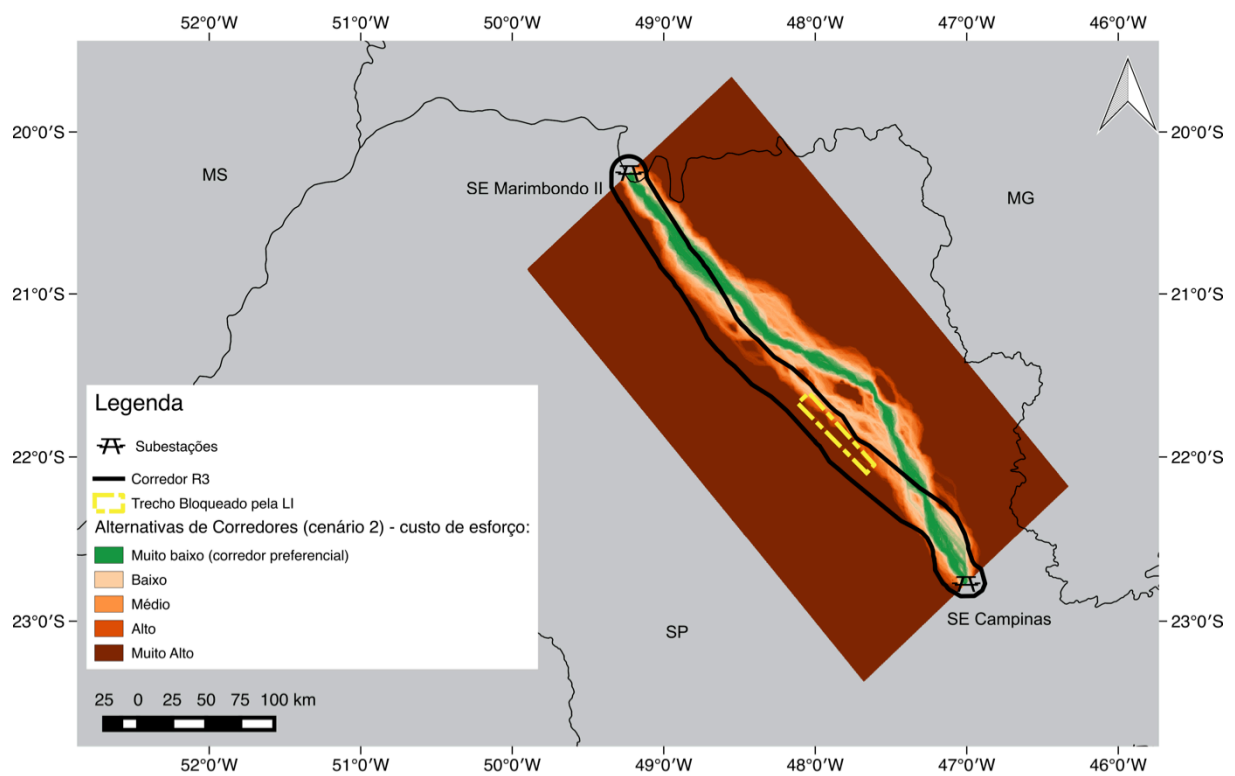


Figura 67 – Sobreposição do corredor do Relatório R3 no corredor modelado no cenário 2, com destaque ao trecho não autorizado pela LI

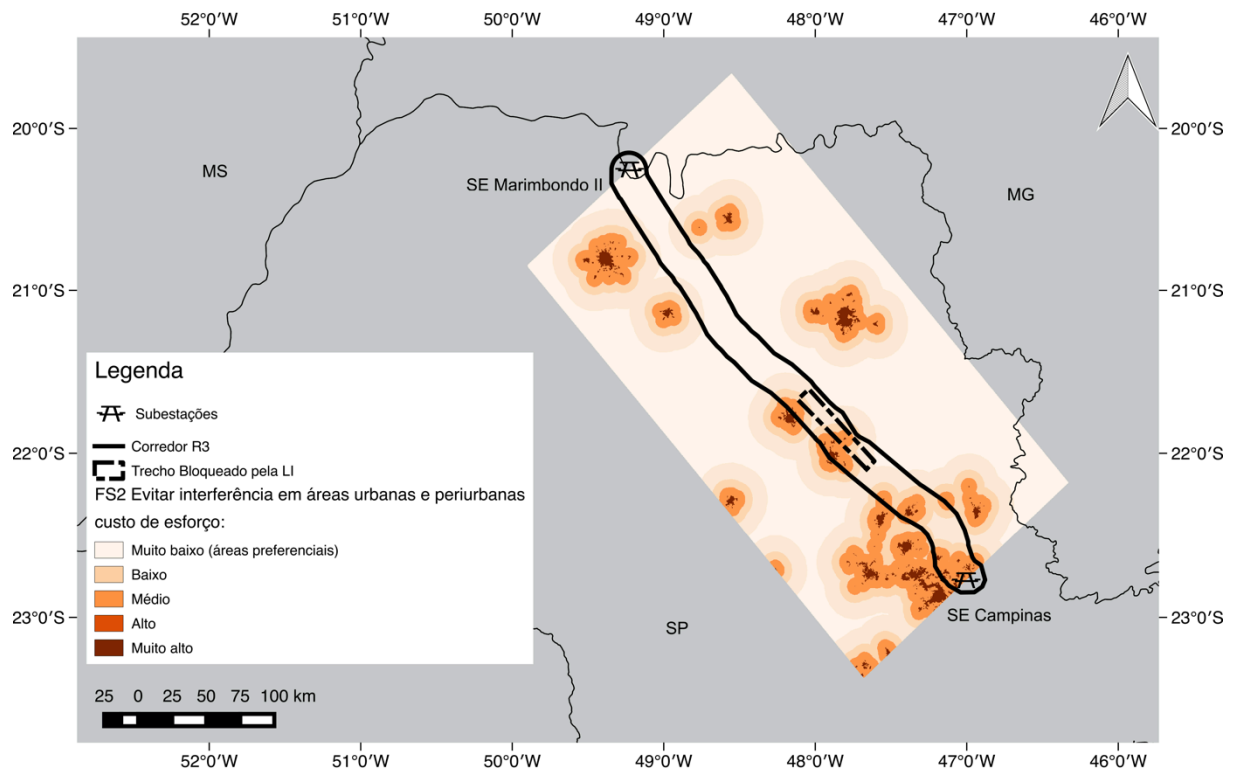


Figura 68 –Sobreposição do corredor do Relatório R3 na superfície de custo individual do Fator FS2 - interferência em áreas urbanas, com destaque ao trecho não autorizado pela LI

Outros dois pontos a se destacar quanto à sua aplicabilidade diz respeito à quantidade de alternativas de corredores e à(s) sua(s) largura(s). Se partirmos do princípio que o estudo de corredor visa apoiar potenciais proponentes no processo licitatório do projeto, conforme está posto no atual fluxo decisório, depreende-se que a técnica atende a este quesito, visto que apresenta alternativas de corredores baseada em informações presentes na área de estudo que podem maximizar ou minimizar o seu custo de implantação ou afetar em seu prazo de implementação. Se avançarmos nesta reflexão e considerarmos um cenário onde a investigação de corredores está inserida na avaliação de impactos ambientais do projeto, depreende-se que a técnica atende ao esperado frente ao desenvolvimento de mais de uma alternativa de corredores e ao incorporar não apenas critérios de custo, e sim a sua integração com aspectos ambientais e sociais.

Em relação à largura do corredor, que é conceitualmente definida em 20Km pela legislação ambiental em vigor (BRASIL, 2011a), a sua delimitação não é entrave ao modelo já que a aplicação de técnicas usuais do geoprocessamento permitiriam a efetivação desta largura a partir do corredor preferencial. No entanto, se o objetivo desta etapa é também apoiar os estudos que subsidiam a execução dos projetos de engenharia e o licenciamento

ambiental que ocorrem nas etapas posteriores, questiona-se se é realmente necessário a fixação de uma largura para todos os tipos de projetos de LTs, independentes das suas características, ou ainda desconsiderando particularidades das diferentes regiões existentes no país. De forma complementar, dependendo da distância a ser superada, às vezes na ordem de milhares de quilômetros, sendo a largura do corredor preferencial ou de suas alternativas flexível, e não estática, representaria com mais fidelidade o gradiente de fenômenos espaciais presentes ao longo de extensos projetos lineares e sua relação com empreendimentos de transmissão.

5.2 Quanto ao potencial de complexificação de estudos locais

Conforme citado na metodologia, a utilização de 23 variáveis de interesse teve como objetivo propiciar análises quanto ao potencial do modelo no cálculo de corredores considerando inúmeros e diferentes fatores. Diante dos resultados alcançados, entende-se que o modelo atendeu ao esperado, restando algumas considerações percebidas ao longo da pesquisa ou coletadas junto aos especialistas consultados.

Na modelagem realizada, a seleção inicial das variáveis de interesse e o ranqueamento intrafatorial foram estabelecidos pelo modelador, considerando os comentários de especialistas efetuados durante as reuniões de apresentação da pesquisa, as considerações colocadas pela banca de qualificação da pesquisa, referências científicas e normas jurídicas relacionadas ao estudo de alternativas de LTs e a disponibilidade dos dados.

Entende-se que estas etapas devem também envolver uma consulta estruturada a especialistas do setor, o que poderia ser objeto de uma pesquisa voltada para este fim ou, pensando em termos práticos, desenvolvida por equipe multidisciplinar em cada situação, ou seja, para cada projeto.

Assim, a definição das variáveis e a classificação intrafatorial elaborada pelo modelador nesta pesquisa pode ser compreendida como uma limitação ao modelo executado, visto que trata-se de uma subjetividade inerente ao ser humano. Ou seja, outras variáveis poderiam ser consideradas ou ainda desconsideradas, ou o ranqueamento intrafatorial poderia ter apresentado resultados diferentes caso o modelo fosse executado por outro pesquisador.

Destaca-se também a percepção de necessidade de desenvolvimento de pesquisas que proponham e testem técnicas para a consideração de novas variáveis. No caso desta pesquisa, por exemplo, as seguintes variáveis não puderam ser inseridas devido a indisponibilidade de

dados ou técnicas aplicadas: interferência em áreas de alto valor cultural local; valor da terra para fins de implantação de faixa de servidão; risco de judicialização do processo de implantação da faixa de servidão; variáveis que influenciam no aumento de prazo de implantação da linha. Entende-se ainda ser possível o desenvolvimento de rotinas metodológicas que permitiriam a monetização dos critérios, de forma a estruturar uma análise multicriterial voltada a análise monetária das alternativas.

Outro ponto observado, diz respeito às vantagens da estrutura hierárquica da metodologia, o que permite a inserção de novas variáveis, novos grupos de fatores e diferentes níveis de consulta, ou seja, pode-se diferenciar o peso e/ou o nível decisório dos especialistas consultados na medida que se caminha ao longo da hierarquia do modelo. Por exemplo poderíamos decidir como premissa da modelagem que a consulta efetuada junto aos especialistas da ANEEL teriam um peso maior no cálculo de corredores do que os demais, ou ainda que a consulta no de terceiro nível seria realizada junto a diretores ou presidentes de alguma entidade superior, etc. Há de se atentar, no entanto, que a definição da hierarquia de consulta deve levar em conta a efetiva influência de todos os níveis no resultado final, ou seja, em um suposto cenário que se decida por aumentar demasiadamente o peso de uma entidade superior na consulta de terceiro nível, por exemplo no caso de uma entidade política, as consultas dos níveis iniciais ficariam subutilizadas no cálculo.

5.3 Quanto à capacidade de canalização de diferentes análises e decisões

A estruturação da modelagem sobre a técnica AHP demonstrou a sua capacidade de integrar análises de diferentes atores. Para o enfoque proposto da pesquisa foram consultados 4 entidades que atuam no processo decisório que envolve novos projetos de LTs (EPE, TCU, IBAMA e ANEEL), totalizando 13 profissionais consultados.

Sob uma análise qualitativa, afirma-se que os profissionais responderam bem na ponderação das comparações par a par dos fatores, mesmo nunca tendo trabalhado com um ranqueamento AHP, com exceção ao profissional da ANEEL. Fato que comprova a facilidade intuitiva do método e sua facilidade de aplicação, conforme adiantado por Wang et al (2009), citados no referencial bibliográfico acerca da utilização de análises multicriteriais no âmbito do planejamento energético.

Sob uma análise quantitativa conclui-se que para o projeto utilizado como estudo de caso obteve-se corredores preferenciais similares com pequenas diferenças de alternativas de

corredores, conforme detalhado no item 4.3. Não se pode prever como seria essa comparação para outros projetos, mas pode-se concluir que a modelagem consegue integrar diferentes opiniões diretamente no desenvolvimento de alternativas locais, contexto que além de possibilitar a formulação de alternativas que não apareceriam caso o estudo envolvesse apenas os profissionais de uma entidade, possibilita a identificação antecipada de certas situações. Ou seja, o quanto que a participação de outros órgãos na etapa de planejamento contribuiriam para um diagnóstico preditivo. Em nosso estudo de caso, caso as prefeituras fossem consultadas, provavelmente os representantes da prefeitura de Taguaritinga considerariam em seu ranqueamento a previsão do projeto de turismo que é um dos pontos em discussão acerca a viabilidade local do empreendimento junto ao órgão ambiental licenciador.

De forma complementar, infere-se que ao propiciar a participação antecipada de agentes que atuam no fluxo decisório, em especial os órgãos reguladores como os órgãos ambientais, pode-se otimizar as análises que estas entidades são responsáveis. No licenciamento ambiental por exemplo, a análise que subsidia a decisão quanto à emissão ou não de uma licença pode ser melhor desenvolvida tendo em vista a participação do mesmo no processo e a consequente melhor compreensão dos resultados alcançados.

Uma perspectiva que não foi abordada nesta pesquisa, mas que a técnica permite o encaixe, diz respeito a participação popular. Entende-se que a utilização do método para a inserção de valores do público direta ou indiretamente afetado ou mesmo de representações sociais é factível e possível, podendo ser objeto de novas pesquisas ou estudos, ampliando o universo de fatores considerados ou mesmo permitindo a influência do público no cálculo dos corredores.

Seja pela atuação antecipada de atores ou pela inclusão da população no processo entende-se Até que ponto a modelagem participativa seria representativa para o amadurecimento do fluxo decisório é

5.4 Quanto ao nível de compreensividade e transparência para tomadores de decisão e demais atores envolvidos

A utilização de técnica de geoprocessamento baseada em superfícies de custo de esforço traduzem a capacidade da modelagem na simplificação da realidade, permitindo a apresentação do corredor preferencial mais outras alternativas de corredores em apenas um

mapa, indicando-se áreas mais ou menos favoráveis segundo as classificações executadas pelos especialistas consultados.

Entende-se este aspecto como um ponto positivo da técnica, já que ao sintetizar diferentes critérios em um mapa, permite ao interessado a visualização espacial da relação entre as variáveis consideradas, facilitando eventuais explicações, respostas ou mesmo reanálises e contribuindo para o processo de discussões presente na AIA e no licenciamento ambiental.

A partir das apresentações executadas junto às equipes das instituições consultadas na pesquisa, percebeu-se que a estrutura hierárquica da análise multicriterial e a operacionalização das variáveis de interesse no formato de mapas facilitava a compreensão dos observadores acerca do método, independente da sua formação ou posição na tomada de decisão, visto que as equipes eram multidisciplinares e obteve-se a participação de técnicos, analistas e gerentes.

Geovisualização consiste em um campo de estudos da geociências que tem como objetivo prover teoria, métodos e ferramentas para a exploração visual, análise, síntese e apresentação de dados geoespaciais (MACEACHREN; KRAAK, 2001). O uso de técnicas de geovisualização surge como ferramenta potencial para o aprimoramento do planejamento espacial de LTs, na medida em que busca transformar dados geoespaciais em informações e, subsequentemente, em conhecimento (MACEACHREN; KRAAK, 2001).

Dependendo do público-alvo ou do objetivo de uma eventual explanação, a simplificação dos fenômenos na forma de mapas possibilita interações diversas entre o apresentador e o observador. A possibilidade de encaixe da participação do público diretamente na formulação de alternativas aliada a investigação sobre a aplicação de técnicas geovisuais nesta interação é outro ponto de pesquisa potencial identificado ao longo deste trabalho que pode vir a contribuir ao planejamento do empreendimentos de transmissão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIAENSEN, F. et al. The application of ‘least-cost’ modelling as a functional landscape model. **Landscape and urban planning**, v. 64, n. 4, p. 233-247, 2003.
- AGRA FILHO, S. S. Os estudos de impactos ambientais no Brasil: uma análise de sua efetividade. In: **IPEA. Documentos de política**. IPEA, 1993.
- ANDREWS, Annabelle. Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review. **Australian Zoologist**, v. 26, n. 3-4, p. 130-141, 1990.
- ANEEL. **Nota Técnica nº 0203/2013-SCT-SRT/ANEEL**, 26 jun. 2013. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2013/081/documento/nt_n%C2%BA_203_sct_e_srt.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015
- ANEEL. Superintendência de fiscalização dos serviços de eletricidade – SFE. **Acompanhamento diferenciado de empreendimentos de expansão da rede básica**. Set. 2015a. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/RELATÓRIO%20SFE%20final.pdf>>. Acesso em 20. Out. 2015.
- ANEEL. **Relatórios do Sistema de Apoio a Decisão**. 2015b Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=550>>. Acesso em 20 jan. 2015.
- AL-SHEMMERI, Tarik; AL-KLOUB, Bashar; PEARMAN, Alan. Model choice in multicriteria decision aid. **European Journal of Operational Research**, v. 97, n. 3, p. 550-560, 1997.
- AMBIENTARE SOLUÇÕES EM MEIO AMBIENTE; ATE XXII. **Relatório Ambiental Simplificado: LT 500 kV Marimondo II – Campinas e Subestações associadas**. 2014. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/licenciamento/>>. Acesso em 25 fev. 2015.
- ASKINS, Robert A.; FOLSOM-O'KEEFE, Corrine M.; HARDY, Margaret C. Effects of vegetation, corridor width and regional land use on early successional birds on powerline corridors. **Plos one**, v. 7, n. 2, p. e31520, 2012.
- BAGLI, S.; GENELETTI, D.; ORSI, F. Routeing of power lines through least-cost path analysis and multicriteria evaluation to minimise environmental impacts. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, n. 3, p. 234-239, abr., 2011. Disponível em: <

<http://www.journals.elsevier.com/environmental-impact-assessment-review/> >. Acesso em: 20 fev. 2015.

BARROS, C. J. da S. B. et al. **Relatório de vistoria**. 14. Out. 2010. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/licenciamento/>>. Acesso em: 10 out. 2015

BENSON, John F. What is the alternative? Impact assessment tools and sustainable planning. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 21, n. 4, p. 261-280, 2003.

BINA, Olivia. A critical review of the dominant lines of argumentation on the need for strategic environmental assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 27, n. 7, p. 585-606, 2007.

BOEZEMAN, D. et al. Participation under a spell of instrumentalization? Reflections on action research in an entrenched climate adaptation policy process. **Critical policy studies**, v, 8, n. 4, p. 407-426. 2014.

BOND, A. What is the alternative? Impact assessment tools and sustainable planning. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 21, n. 4, p. 261-280, 2003.

BORGES, A. Atraso em linhas de transmissão custou R\$ 930 milhões. **Valor Econômico**, Brasília, 25 jun. 2014a. Disponível em: < <http://www.valor.com.br/brasil/3592978/atraso-em-linhas-de-transmissao-custou-r-930-milhoes> >. Acesso em: 10 fev. 2015.

BORGES, A. Linha de Transmissão de Energia terá licença ambiental antecipada. **Valor Econômico**, Brasília, 25 dez. 2014b. Disponível em: < <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,linha-de-transmissao-de-energia-tera-licenca-ambiental-antecipada-imp-,1611899>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

BORGES, A. Consórcio de Teles Pires vai à justiça contra atraso em linha de transmissão. **Estadão**, Brasília, 20 fev. 2015. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,consorcio-de-teles-pires-vai-a-justica-contra-atraso-em-linha-de-transmissao-imp-,1636861>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

BORGES, A.; WARTH, A. Braga quer licença ambiental imediata para linhão. **Estadão**, Brasília, 07 nov. 2015. Disponível em: <http://www.estadao.com.br>. Acesso em 10 nov. 2015.

BRANS, J. P. L'ingénierie de la décision-Elaboration d'instruments d'aide à la décision. La méthode Prométhée—Dans Nadeau R. et Landry M. **L'aide à la décision: nature, intruments**

et perspectives d'avenir-Québec, Canada—1982-Presses de l'université de Laval—pp, p. 182-213.

BRANS, J.P.; VINCKE, P. Note—A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). **Management science**, v. 31, n. 6, p. 647-656, 1985.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 02. Set. 1981. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 15. Set. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 23. Jan. 1986a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 11, de 18 de março de 1986**. Dispõe sobre alterações na Resolução nº 1/86. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 02. Mai. 1986b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 10 set. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 11, de 14 de dezembro de 1988b**. Dispõe sobre as queimadas de manejo nas Unidades de Conservação. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 11. Ago. 1989. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 10 set. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 9, de 6 de dezembro de 1990**. Dispõe sobre normas específicas para o licenciamento ambiental de extração mineral, classes I, III a IX. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 28. Dez. 1990. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 10 set. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em 10 ago. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 305, de 12 de junho de 2002.** Dispõe sobre licenciamento ambiental, Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto no Meio Ambiente de atividades e empreendimentos com Organismos Geneticamente Modificados e seus derivados. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 04. Jul. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 10 set. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 347, de 10 de setembro de 2004.** Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 13. Set. 2004a. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 10 set. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 349, de 16 de agosto de 2004.** Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos ferroviários de pequeno potencial de impacto ambiental e a regularização dos empreendimentos em operação. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 17. Ago. 2004b. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama>>. Acesso em: 10 set. 2015.

BRASIL. **Lei nº 11.428 de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências.. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 26 Dez. 2006a. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em 20. Set. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 369, de 28 de março de 2006.** Dispões sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 29 mar. 2006b. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Acesso em 12 jul. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 9 de 23 de janeiro de 2007**. Diário oficial da república da União. Brasília, DF, 24 jan. 2007. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/portaria_mma_092007.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2015.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. Acórdão 1.945/2008 – TCU – Plenário. Relator: Ministro Benjamim Zymler, **Pesquisa de jurisprudência**, acórdãos, 10 set. 2008a. Disponível em: <<http://www.tcu.gov.br/consultas>>. Acesso em 20. Abr. 2015.

BRASIL. **Decreto nº 6.640 de 7 de novembro de 2008**. Dá nova redação aos arts. 1o, 2o, 3o, 4o e 5o e acrescenta os arts. 5-A e 5-B ao Decreto no 99.556, de 1o de outubro de 1990, que dispõe sobre a proteção das cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional. Diário Oficial da república da união. Brasília, DF, 10 de nov. 2008b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Decreto/D6640.htm>. Acesso em: 23 jul. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 428, de 17 de dezembro de 2010**. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 421, de 26 de outubro de 2011**. Dispõe sobre o licenciamento e a regularização ambiental de sistemas de transmissão de energia elétrica e dá outras providências.. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 28. Out. 2011a. Disponível em: <www.ibama.gov.br>. Acesso em: 10 set. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 422, de 26 de outubro de 2011**. Dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental federal de atividades e empreendimentos de exploração e produção de petróleo e gás natural no ambiente marinho e em zona de transição terra-mar.. Diário oficial da república do Brasil. Brasília, DF, 28. Out. 2011b. Disponível em: <www.ibama.gov.br>. Acesso em: 10 set. 2015.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. Acórdão 2.316/2014 – TCU - Plenário. Relator: ministro José Jorge. **Pesquisa de jurisprudência**, acórdãos, 3 set. 2014. Disponível em: <

http://www.tcu.gov.br/consultas/juris/docs/judoc/acord/20140904/ac_2316_34_14_p.doc+&c d=1&hl=pt-br&ct=clnk&gl=br&client=safari >. Acesso em: 20. Jan. 2015.

BRASIL, C. I. do. Crescimento da eólica depende das linhas de transmissão, diz especialista. **Agência Brasil**, Rio de Janeiro, 07 de set. 2015. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2015-09/crescimento-da-eolica-depende-das-linhas-de-transmissao-diz-especialistas>>. Acesso em: 10 de set. 2015.

BROOKES, A.; MILLER, B. What is the alternative? Impact assessment tools and sustainable planning. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 21, n. 4, p. 261-280, 2003.

BROWN, A. L. ; HILL, R. C. Decision-scoping: making EA learn how the design process works. **Project appraisal**, v. 10, n. 4, p. 223-232, 1995.

CÂMARA, G. ; DAVIS, C. Introdução ao geoprocessamento. **INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPECIAIS–INPE. Fundamentos de Geoprocessamento. São José dos Campos**, p. 1-5, 2001. Disponível em: <<https://xa.yimg.com/kq/groups/19911925/1081423990/name/cap1-introducao.pdf>>. Acesso em: 10. ago. 2015.

CAMPOS, O. L. **Estudo de caso sobre impactos ambientais de linhas de transmissão na Região Amazônica**. BNDES Setorial, n. 32, p. 231-266, 2010. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set32107.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2015.

CANTER, L. W. et al. Environmental impact assessment. 1996.

CARDOSO JR, R. A. F. **Licenciamento Ambiental de sistemas de transmissão de energia elétrica no Brasil: Estudo de caso do sistema de transmissão do Madeira**. 2014. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999.

CHURCH, R. L.; LOBAN, S. R.; LOMBARD, K. An Interface for exploring spatial alternatives for a corridor location problem. **Computers & Geosciences**, v. 18, n. 8, p. 1095 –

1105, set., 1992. Disponível em: <<http://www.journals.elsevier.com/computers-and-geosciences/>>. Acesso em: 20. fev. 2015.

COSTA, T. R. V. et al. Um panorama sobre as obras de transmissão de energia elétrica no Brasil. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 22, 2013, Brasília. **Informes técnicos...** Brasília: Cigré-Brasil, 2013. Disponível em: <http://www.xxiiisnpree.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=71&Itemid=84#>. Acesso em 20. jul. 2015.

CPLA. Mapa da Cobertura da Terra do Estado de São Paulo. 2013. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/mapa-de-cobertura-da-terra-do-estado-de-sao-paulo/>>. Acesso em: 10 jul. 2015

DE SOUZA, Í. N. P.; DE ARAUJO, F. R. N. de; NÓBREGA, R. A. de A. Modelagem de dados geográficos para otimização do estudo de um corredor ferroviário entre Paracatu-MG e Ipatinga-MG. In: ANPET – Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 26, 2014, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.anpet.org.br/xxviii/anpet/anais/documents/AC197.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

DE ARAUJO, F. R. N. et al. Modelagem de corredores ótimos para instalação de empreendimentos ferroviários com o software livre Dinâmica EGO a partir de produtos gratuitos de sensoriamento remoto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa. **Anais eletrônicos...** Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0698.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

EGLER, P. C. G.. **Improving the environmental impact assessment process in Brazil.** 1998. Tese de Doutorado. University of East Anglia.

EPE. Estudos relativos aos grandes aproveitamentos hidrelétricos na região amazônica. Análise do sistema de integração dos aproveitamentos hidrelétricos do Rio Madeira e reforços do SIN. Relatório R1 – detalhamento das alternativas. 06 de mar. 2008. Disponível em:<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2008/047/documento/epe-dee-re-055-2008-r0.pdf>>. Acesso em 19 fev. 2015.

EPE. **Estudos para a licitação da expansão da transmissão – detalhamento da alternativa recomendada: relatório R1 – Expansão da Interligação entre as regiões norte-sudeste e norte-nordeste.** 2012. 533 p. Brasília, 2012.

EPE. **Diretrizes para elaboração dos relatórios técnicos referentes às novas instalações da rede básica.** 2005. 25 p. Brasília, 2005.

FERREIRA, B. M. Dinamica Virtual Machine para Geociências. 2015. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Ciencia da Computação. Instituto de Ciências Exatas. Universidade Federal de Minas Gerais.

FORMAN, Ernest; PENIWATI, Kirti. Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. **European journal of operational research**, v. 108, n. 1, p. 165-169, 1998.

FOWLER, H. G.; DE AGUIAR, A. M. D.. Environmental impact assessment in Brazil. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 13, n. 3, p. 169-176, 1993.

GREENING, L. A.; BERNOW, S. Design of coordinated energy and environmental policies: use of multi-criteria decision-making. **Energy policy**, v. 32, n. 6, p. 721-735, 2004.

GRIMSHAW, D. J. **Bringing GIS into business.**1994.

GUITOUNI, A.; MARTEL, J. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. **European Journal of Operational Research**, v. 109, n. 2, p. 501-521, 1998.

GUGLIELMETTI, F. R.; MARINS, F. A. S.; SALOMON, V. A. P. Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 23, 2003.

GÜHNEMANN, Astrid; LAIRD, James J.; PEARMAN, Alan D. Combining cost-benefit and multi-criteria analysis to prioritise a national road infrastructure programme. **Transport Policy**, v. 23, p. 15-24, 2012.

HABERMANN, M. et al. Desigualdade social e exposição a campos magnéticos na Região Metropolitana de São Paulo. **Rev Saúde Pública**, v. 44, n. 4, p. 703-9, 2010.

HADRIAN, D. R.; BISHOP, I. D.; MITCHELTREE, R. Automated mapping of visual impacts in utility corridors. **Landscape and Urban Planning**, v. 16, n. 3, p. 261-282, 1988.

HOBBS, Benjamin F.; MEIER, Peter. **Energy decisions and the environment: a guide to the use of multicriteria methods**. Springer Science & Business Media, 2012.

HUBER, D. L.; CHURCH, R. L. Transmission corridor location modeling. **Journal of Transportation Engineering**, v. 111, n. 2, p. 114-130, 1985. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/journal/jtpedi>>. Acesso em: 29. jan. 2015.

HWANG, C. L.; YOON, K. **Multiple attribute decision making: Methods and applications, A state of the art survey**. Nova Iorque: Springer-Verlag, 981.

IAIA. 2015. Disponível em: <<http://iaia.org/iaia.org>>. Acesso em: 12 jan. 2015.

IBAMA. **Licença de Instalação nº 800/2011**, Brasília, 8. jun. 2011. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/licenciamento/>>. Acesso em: 10 set. 2015.

IBAMA. **Licença de Instalação nº 1073/2015**, Brasília, 19. ago. 2015. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/licenciamento/>>. Acesso em: 10 set. 2015.

ICMBio. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Aves Silvestres. **Relatório anual de rotas e áreas de concentração de aves migratórias**. Cabedelo, PB, 10 fev. 2015a. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/comunicacao/publicacoes.html?showall=&start=7%20->>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

ICMBio. Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV). **Base de dados geoespacializados das cavernas do Brasil**. 2015b. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cecav/downloads/mapas.html>>. Acesso em: 21 jul. 2015.

INTERLIGAÇÃO ELÉTRICA DO MADEIRA; CONSÓRCIO AMBIENTAL MADEIRA. **Estudo de Impacto Ambiental LT 600kV Coletora Porto Velho – Araraquara 2, nº 01**. 2010. Disponível em: <<http://licenciamento.ibama.gov.br>>. Acesso em: 02 fev. 2015.

JAKEMAN, Anthony J. et al. (Ed.). **Environmental Modelling, Software and Decision Support: State of the art and new perspective**. Elsevier, 2008.

JANKOWSKI, Piotr. Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. **International journal of geographical information systems**, v. 9, n. 3, p. 251-273, 1995.

JOHNSTON, A. A. Water resources management decision support systems. **Journal of Water Resource Planning and Management**, v. 112, n. 3, p. 308-325, 1986. Disponível em: <<http://ascelibrary.org/journal/jwrmd5>>.

KHALSA, A. S. et al. Process Check: What Is Driving Alternatives Analysis in Environmental-Impact Assessment for Major Capital Projects?. In: **SPE Americas E&P Environmental and Safety Conference**. Society of Petroleum Engineers, 2009.

KING, D. I. et al. Effects of width, edge and habitat on the abundance and nesting success of scrub-shrub birds in powerline corridors. **Biological Conservation**, v. 142, n. 11, p. 2672-2680, 2009.

LAURANCE, William F.; YENSEN, Eric. Predicting the impacts of edge effects in fragmented habitats. **Biological conservation**, v. 55, n. 1, p. 77-92, 1991.

LIMA, L. H.; MAGRINI, A. *The Brazilian Audit Tribunal's role in improving the federal environmental licensing process*. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 30, n. 2, p. 108-115. Disponível em: <<http://www.journals.elsevier.com/environmental-impact-assessment-review>>.

MACEACHREN, A. M.; KRAAK, M. Research challenges in geovisualization. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 28, n. 1, p. 3-12, 2001.

MAGUIRE, D. J. An overview and definition of GIS. **Geographical information systems: Principles and applications**, v. 1, p. 9-20, 1991.

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. John Wiley & Sons, 1999.

MALCZEWSKI, J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 20, n. 7, p. 703-726, 2006.

MATTOS, I. E.; KOIFMAN, S. Cancer mortality among electricity utility workers in a Southeastern region Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 30, n. 6, p. 564-575, 1996.

MCKENNA, Christopher K. **Quantitative methods for public decision making**. McGraw-Hill College, 1980.

MMA. **Download de dados geográficos. I3Geo. Áreas especiais. Unidades de Conservação.** Disponível em: < <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>>. Acesso em 10 jun. 2015.

MME; EPE. **Estudos para licitação da expansão da transmissão.** Detalhamento da alternativa recomendada Relatório R1. Expansão das Interligações Norte-Sudeste e Norte-Nordeste Parte II. 15 jul. 2013. 548 p, Brasília, 2013.

MME; EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2023.** Brasília, 2014. 434 p. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, n. 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2007. p 2899-2906. Disponível em: <<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.14.41/doc/2899-2906.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2015.

MORAES, D. A. A. de; PEREIRA, G. V.; OLIVEIRA, L. de; PEREIRA, R. de C. **Parecer nº 2001.004317/2014-44 – Coend/Cgene/Dilic/Ibama,** Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/licenciamento/index.php>>. Acesso em: 05 set. 2015.

MPU. 4ª Câmara de Coordenação e Revisão: Escola Superior do Ministério Público da União. **Deficiências em estudos de impacto ambiental: síntese de uma experiência.** 2004. 48 p. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/deficiencia_dos_eias.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007, p. 2899-2906.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano.** A Autora, 2014.

NAIME, A. L. F.; NUNES, W. G. **Parecer 02015.000113/2014-85 NLA/MG/IBAMA.** Belo Horizonte, 2014.

NICOLAIDIS, D. C. de R. **A avaliação de impacto ambiental: uma análise de eficácia**. 2005. 136 p. Dissertação (Mestrado em gestão econômica do meio ambiente) – Departamento de economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

NOBREGA, R. A. A. et al. Bridging decision-making process and environmental needs in corridor planning. **Management of Environmental Quality: An international Journal**, v. 20, n. 6, p. 622-637, 2009. Disponível em: < <http://www.emeraldinsight.com/loi/meq>>. Acesso em 10 set. 2014.

NOBREGA, R. A. A.; O'HARA, C. Implementation of MCDM: results of I-269 case study. In: NCRST - SEPP: May 2009 Memphis Workshop, 2009, Memphis, TN - USA. National Consortium for Remote Sensing and Transportation Annual Meeting, 2009.

OLSON, D. L. Comparison of three multicriteria methods to predict known outcomes. **European Journal of operational research**, v. 130, n. 3, p. 576-587, 2001.

ONS. O que é o SIN. **ONS**. 2015. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/o_que_e_sin.aspx>. Acesso em: 10 ago. 2015.

PELLIN, Angela et al. Avaliação Ambiental Estratégica no Brasil: considerações a respeito do papel das agências multilaterais de desenvolvimento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 27-36, 2011.

PEREIRA, R. Transmissão de energia tem até 4 anos de atraso. **Estadão**, 23 jan. 2014. Disponível em: < <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,transmissao-de-energia-tem-ate-4-anos-de-atraso,176100e>>. Acesso em: 23 jan. 2015.

PIRES, S. H.; PIMENTAL, G.; PIRES, L.; ARAUJO, B. J., LAROVERE, E. L.. New Aspects of Impact Assessment in the Planning Process: the Case of Amazon Transmission System. **Impact Assessment**, v. 11, n. 3, p. 321-332, 1993.

PIDD, M. **Tools for Thinking: Modelling in Management Science**. West Sussex: John Wiley & Sons, 2 ed. 2003.

POHEKAR, S. D.; RAMACHANDRAN, M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—a review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 8, n. 4, p. 365-381, 2004.

RITTNER, D.; BITENCOURT, R. ANEEL quer prazos mais ‘realistas’ no setor. **Valor Econômico**, Brasília, 07 nov. 2014. Disponível em: < <http://www.valor.com.br/brasil>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

RODRIGUES, H. O.; SOARES-FILHO, B. S.; COSTA, W. L. DE S. Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** INPE, 2007, p. 3089-3096.

SAATY, T. L. A. Scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of mathematical psychology**, 15, p. 234-281, 1977.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process**. Springer Science & Business Media, 2001.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

SADASIVUNI, R. et al. A Transportation corridor case study for multi-criteria decision analysis. In: ASPRS CONCERENCE, 2009. **Proceedings online...** Baltimore: ASPRS, 2009. Disponível em: <<http://www.asprs.org/a/publications/proceedings/baltimore09/0082.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2014.

SALOMON, V.AP; MONTEVECHI, J. A. B. A compilation of comparisons on the analytic hierarchy process and others multiple criteria decision making methods: some cases developed in Brazil. In: **6th International Symposium on the Analytic Hierarchy Process, Bern**. 2001.

SANCHÉZ, L. E. S. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação ambiental estratégica e sua aplicação no Brasil. **São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo**, 2008.

SENA, A. L. M. et al. **Parecer 004572/2013 - Parecer de subsídio à emissão de Licença de Operação da Linha de Transmissão Coletora Porto Velho – Araraquara 2, nº 1 – LT nº 1**, Brasília, 2013. Disponível em: < <http://www.ibama.gov.br/licenciamento/index.php>>. Acesso em: 01 set. 2015.

SILVA, A. N. R. da et al. **SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes: uma ferramenta 3D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais.** São Carlos: Ed. dos autores, 2004.

SOARES, E. Audiência pública no processo administrativo. **Revista de direito administrativo**, v. 229, p. 259-284, 2012.

SOARES-FILHO, B. S. **Modelagem da Dinâmica da Paisagem de uma região de fronteira de colonização amazônica.** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1998. 299 p.

SOARES-FILHO, B. S. **Modelagem de dados espaciais.** Curso de especialização em geoprocessamento, departamento de cartografia, UFMG, 2000. Disponível em: <<http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/>>. Acesso em: 15 fev. 2015.

SOARES-FILHO, B. S.; RODRIGUES, H. O.; COSTA, W. L. **Modelagem de Dinâmica ambiental com Dinamica EGO.** Centro de sensoriamento remoto – Universidade federal de minas gerais, 2009. Disponível em: < <http://www.csr.ufmg.br/dinamica/>>. Acesso em> 15 set. 2014.

SÖDERMAN, T.. Treatment of biodiversity issues in impact assessment of electricity power transmission lines: a Finnish case review. **Environmental impact assessment review**, v. 26, n. 4, p. 319-338, 2006.

SOINI, Katriina et al. Local residents' perceptions of energy landscape: the case of transmission lines. **Land Use Policy**, v. 28, n. 1, p. 294-305, 2011.

STEFANAKIS, E.; KAVOURAS, M. On the determination of the optimum path in space. In: **Spatial Information Theory A Theoretical Basis for GIS.** Springer Berlin Heidelberg, 1995. p. 241-257.

STEINEMANN, A. Improving alternatives for environmental impact assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 21, n. 1, p. 3-21, jan., 2001. Disponível em: < <http://www.journals.elsevier.com/environmental-impact-assessment-review/> >. Acesso em: 20 fev. 2015.

SUMPER, Andreas et al. Methodology for the assessment of the impact of existing high voltage lines in urban areas. **Energy policy**, v. 38, n. 10, p. 6036-6044, 2010.

TEIXEIRA, I. M. V. **O uso da avaliação ambiental estratégica no planejamento da oferta de blocos para exploração e produção de petróleo e gás natural no Brasil: uma proposta**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

TOMLIN, C. D. Cartographic Modelling. **Geographical information systems: Principles and applications**, v. 1, p. 361-374, 1991.

TOMLINSON, P. What is the alternative? Impact assessment tools and sustainable planning. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 21, n. 4, p. 261-280, 2003.

TRIANANTAPHYLLOU, E. **Multi-criteria decision making methods: a comparative study**. Springer Science & Business Media, 2013.

TRIANANTAPHYLLOU, E.; SÁNCHEZ, A. A sensitivity analysis approach for some deterministic multi-criteria decision-making methods. **Decision Sciences**, v. 28, p. 151-194, 1997.

VAN LEUSEN, Martijn. Viewshed and cost surface analysis using GIS (cartographic modelling in a cell-based GIS II). **BAR International Series**, v. 757, p. 215-224, 1999.

VARGAS, L. G. Reciprocal matrices with random coefficients. **Mathematical Modelling**, v. 3, n. 1, p. 69-81, 1982.

WANG, Jiang-Jiang et al. Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 9, p. 2263-2278, 2009.

WEEDY, B. M. Environmental aspects of route selection for overhead lines in the USA. **Electric Power Systems Research**, v. 16, n. 3, p. 217-226, 1989.

ZOCCOLI, A. L. B.; FERREIRA, A. A. A.; ZENI, D. G.; PORTELA, F. C. **Parecer Técnico nº 73/2010 – COEND/CGENE/DILIC/IBAMA**, Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/licenciamento/index.php>>. Acesso em: 05 set. 2015.

MATERIAL COMPLEMENTAR

Anexo A

Superfícies de custo individuais (Ranqueamento intrafatorial) utilizados como dados de entrada do modelo

- **FA1 – Unidades de Conservação (UCs)**

Critério de influência: Repulsão – Evitar Interferência em UCs e suas zonas de amortecimento.

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

CA1 - Interferência em Unidades de Conservação e suas Zonas de Amortecimento						
	Interferência fora de Ucs e ZAs	Interferência em APAs ou RPPN	Interferência em ZA de UCs de uso sustentável, exceto APA e RPPN	Interferência em ZA de UCs de proteção integral	Interferência em UCs de uso sustentável, exceto APA e RPPN	Interferência em UCs de proteção integral
Interferência fora de Ucs e ZAs	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em APAs ou RPPN		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em ZA de UCs de uso sustentável, exceto APA e RPPN			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em ZA de UCs de proteção integral				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em UCs de uso sustentável, exceto APA e RPPN					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em UCs de proteção integral					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 69 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA1 – Unidades de Conservação

Teste de consistência:

Step I - Matriz de pares

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1,00	0,33	0,33	0,20	0,14	0,11
C2	3,00	1,00	1,00	0,33	0,20	0,14
C3	3,00	1,00	1,00	0,33	0,20	0,14
C4	5,00	3,00	3,00	1,00	0,33	0,20
C5	7,00	5,00	5,00	3,00	1,00	0,33
C6	9,00	7,00	7,00	5,00	3,00	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0,036	0,019	0,019	0,020	0,029	0,058
C2	0,107	0,058	0,058	0,034	0,041	0,074
C3	0,107	0,058	0,058	0,034	0,041	0,074
C4	0,179	0,173	0,173	0,101	0,068	0,104
C5	0,250	0,288	0,288	0,304	0,205	0,173
C6	0,321	0,404	0,404	0,507	0,615	0,518

Step III - Matriz de pesos

0,03
0,06
0,06
0,13
0,25
0,46

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,1852842	6,131557634	6,257466089	0,051493218	0,041526789
0,3749959	6,059070855			
0,3749959	6,059070855			
0,8315661	6,251950592			
1,6347576	6,501095988			
3,0193789	6,542050611			

Figura 70 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FA1 – Unidades de Conservação

Análise de sensibilidade (pré-equalização):

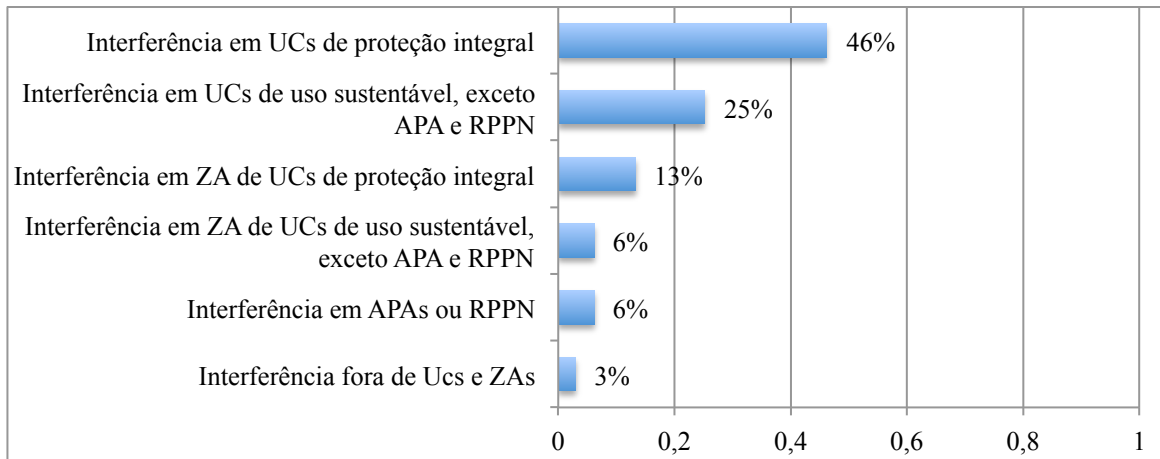


Figura 71 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA1 – Unidades de Conservação

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

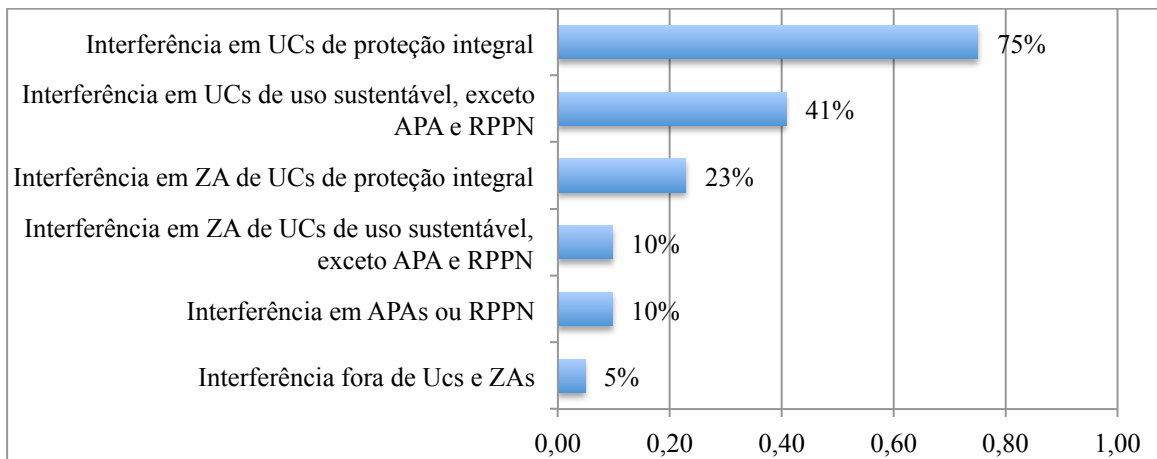


Figura 72 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA1 – Unidades de Conservação

Mapa da superfície de custo:

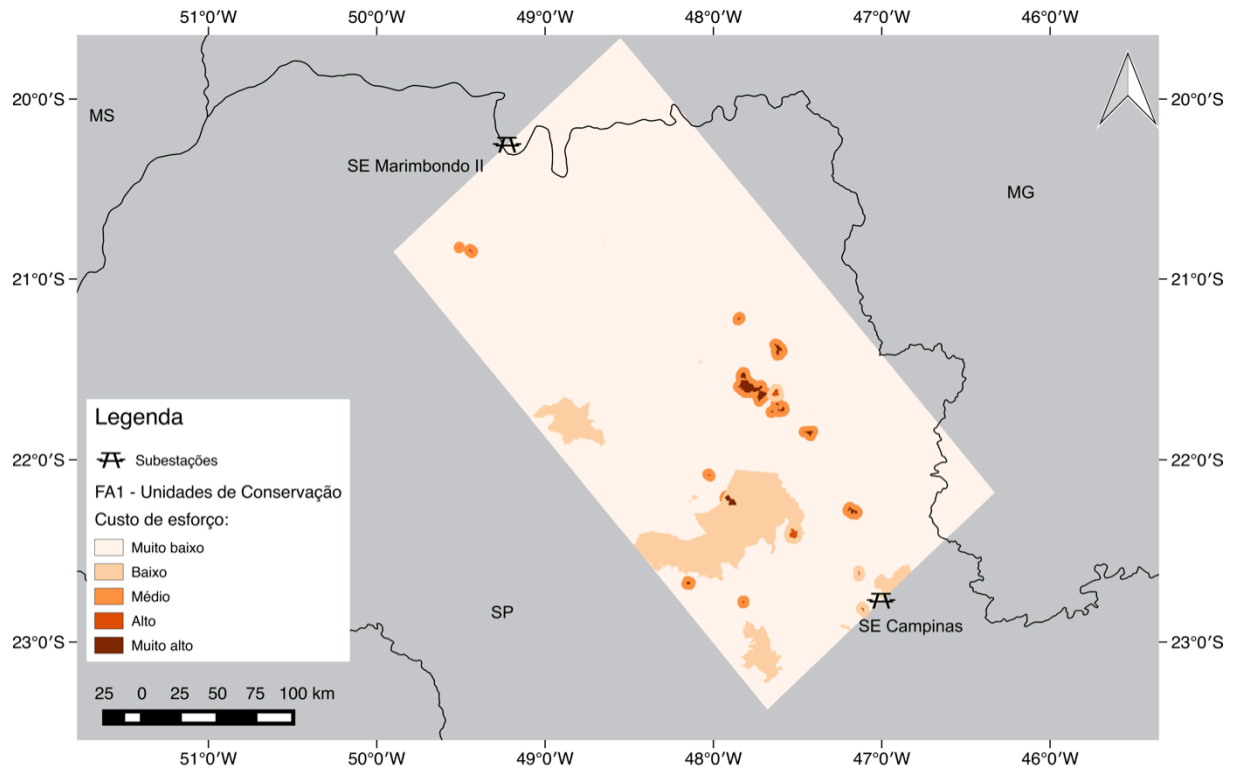


Figura 73 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FA1 – Unidades de Conservação

- **FA2 – Áreas de preservação permanente (APPs)**

Critério de influência: Repulsão - Evitar Interferência em áreas de preservação permanente (APPs).

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

FA2 - Interferência em APPs			
	Fora de Curso d'água e APP	APP	Curso d'água
Fora de Curso d'água e APP	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
APP		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA
Curso d'água			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 74 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA2 – Áreas de preservação permanente

Teste de consistência:

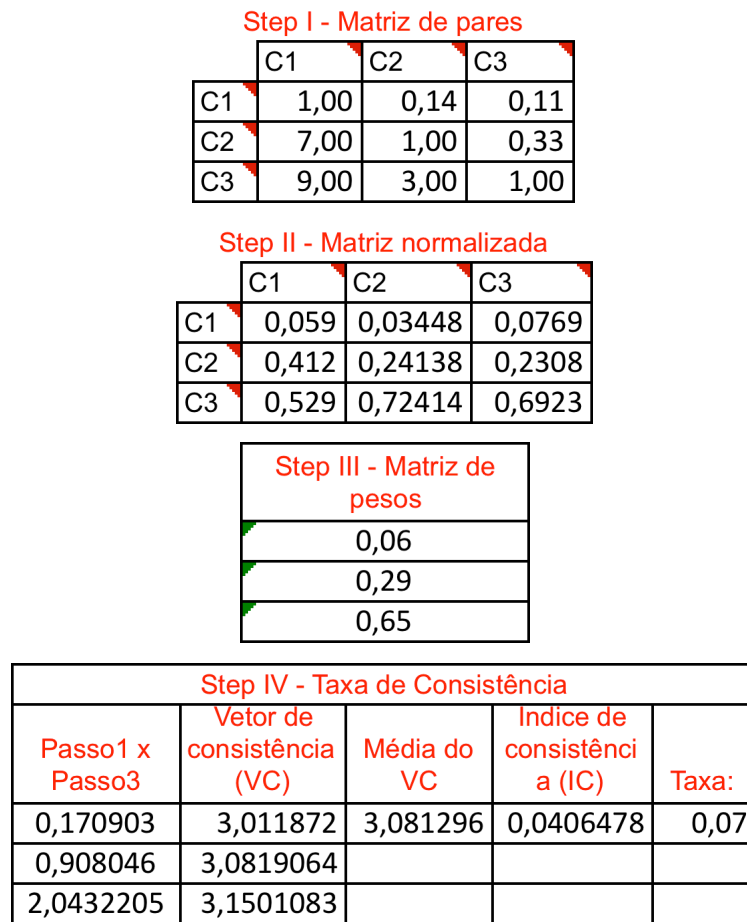


Figura 75 – Sequenciamento de matrizes do Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FA2 – Áreas de Preservação Permanente

Análise de sensibilidade (pré-equalização):

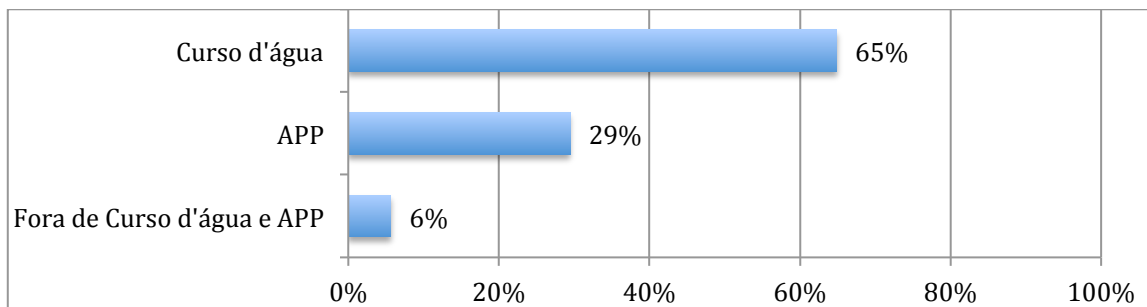


Figura 76 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA2 – Áreas de Preservação Permanente

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

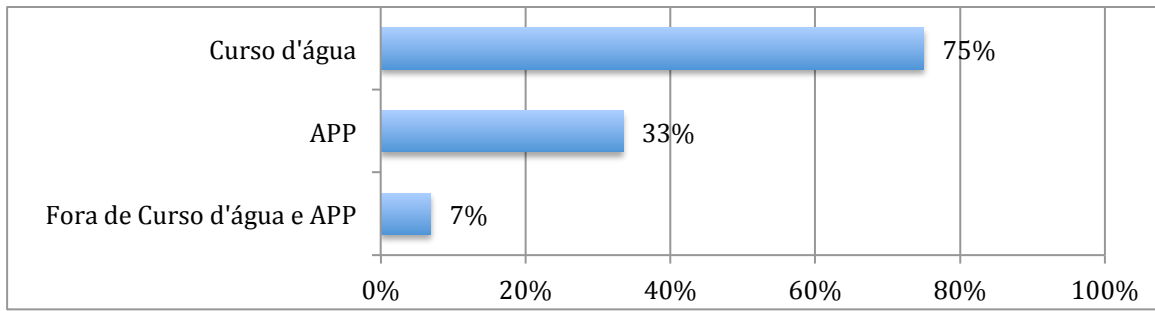


Figura 77 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA2 – Áreas de Preservação Permanente

Mapa da superfície de custo:

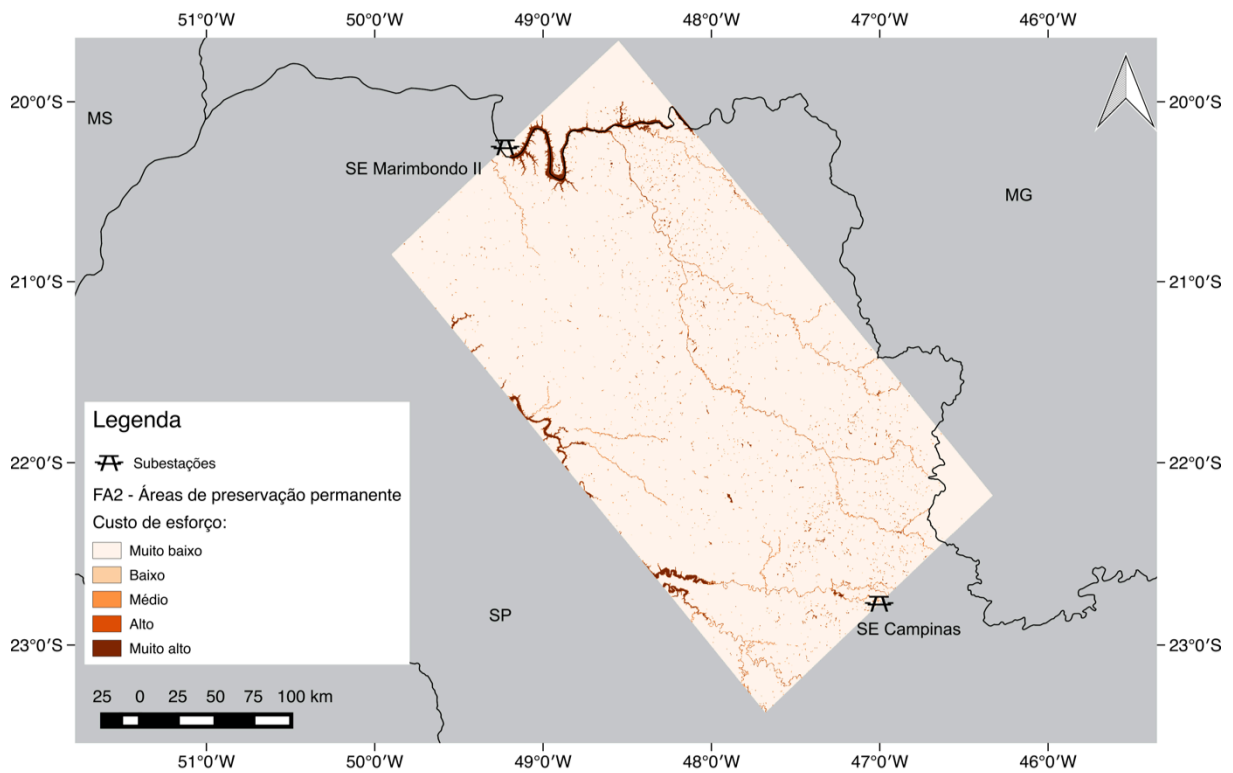


Figura 78 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FA2 – Áreas de Preservação Permanente

- **FA3 – Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (APCBs)**
Critério de influência: Repulsão - Evitar interferências em Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade (APCBs).
Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

FA3 - Interferência em Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade				
	Interferência fora de APCBs	APCB com alta importância biológica ou insuficientemente conhecida	APCB com muito alta importância biológica	APCB com extremamente alta importância biológica
Interferência fora de APCBs	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
APCB com alta importância biológica ou insuficientemente		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
APCB com muito alta importância biológica			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA
APCB com extremamente alta importância biológica				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 79 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA3 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade

Teste de consistência:

Step I - Matriz de pares

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,20	0,14
C2	5,00	1,00	0,33
C3	7,00	3,00	1,00
C4	9,00	5,00	3,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3
C1	0,045	0,022	0,03
C2	0,227	0,109	0,07
C3	0,318	0,326	0,22
C4	0,409	0,543	0,67

Step III - Matriz de pesos

0,04
0,13
0,27
0,56

Step IV - Taxa de Consistência			
Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Taxa:
0,1684688	4,0430217	4,174702	0,0647
0,5421022	4,0755112		
1,1442282	4,2759872		
2,4005982	4,3042878		

Figura 80 – Sequenciamento de matrizes do Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FA3 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade

Análise de sensibilidade (pré-equalização):

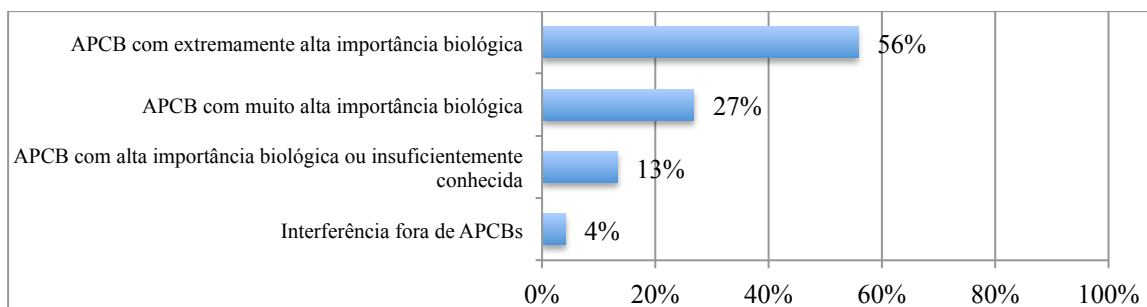


Figura 81 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA3 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

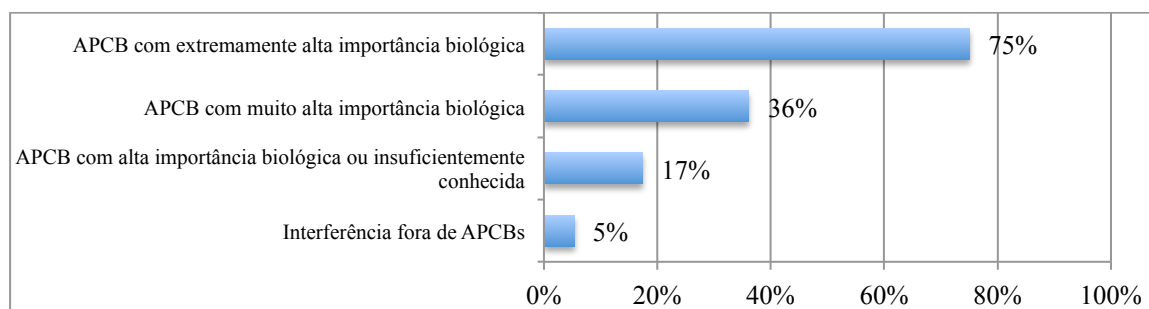


Figura 82 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA3 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade

Mapa da superfície de custo:

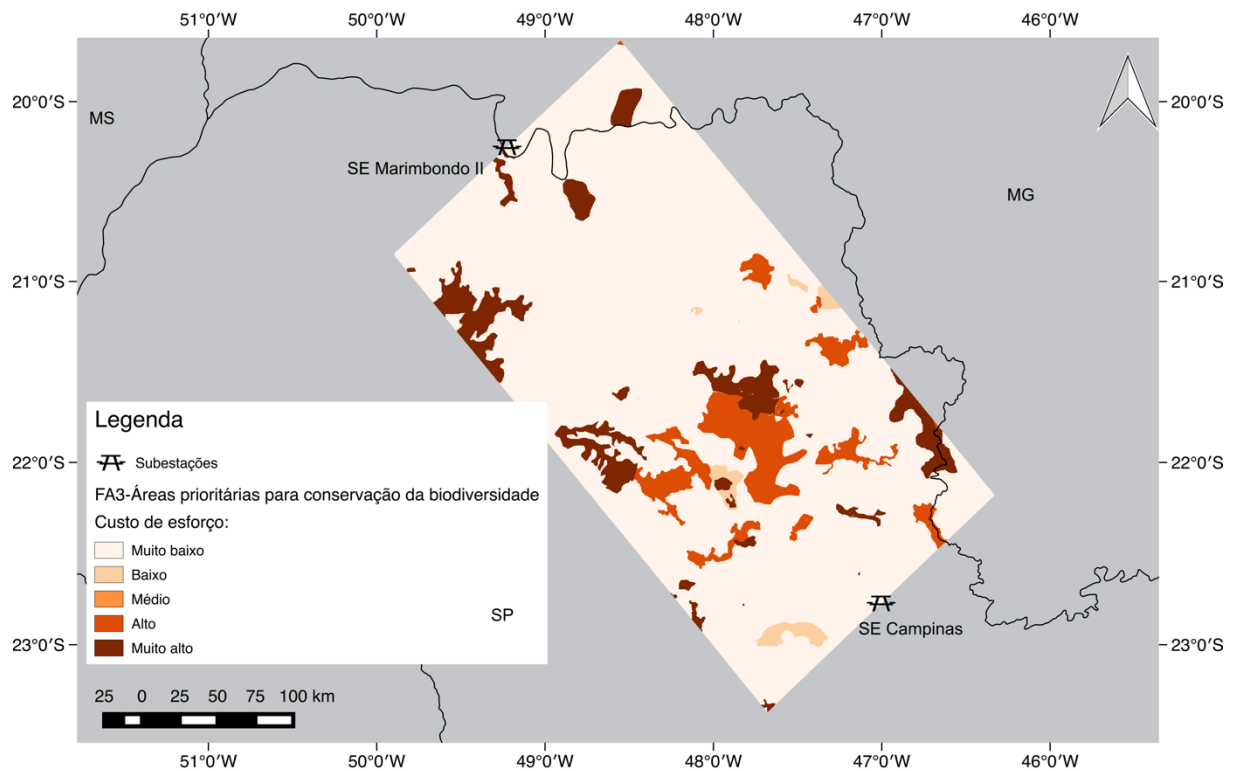


Figura 83 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FA3 – Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade

- **FA4 – Áreas importantes para avifauna migratória**
Critério de influência: Repulsão - Evitar interferência em áreas importantes para avifauna migratória
Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial: Como para este fator definiu-se apenas 2 subcritérios, interfere ou não interfere em áreas importantes para avifauna migratória, o AHP não se aplica. Assim, a classificação da superfície de custo foi executada segundo os valores de pós-equalização.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

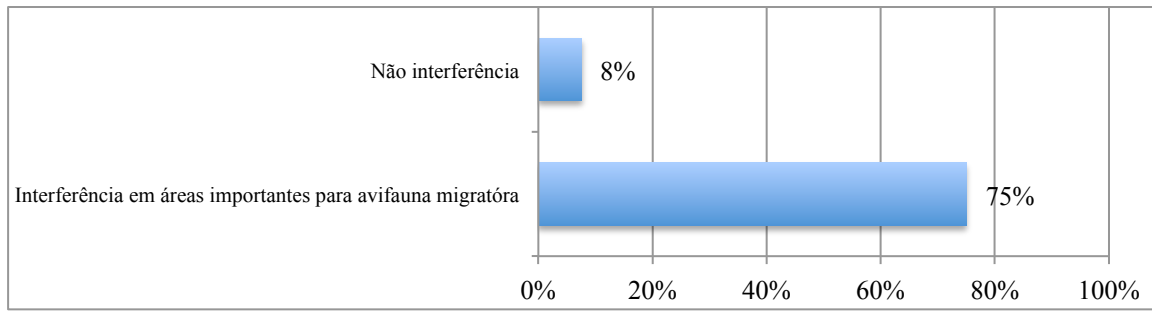


Figura 84 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA4 – Áreas importantes para avifauna migratória.

Mapa da superfície de custo:

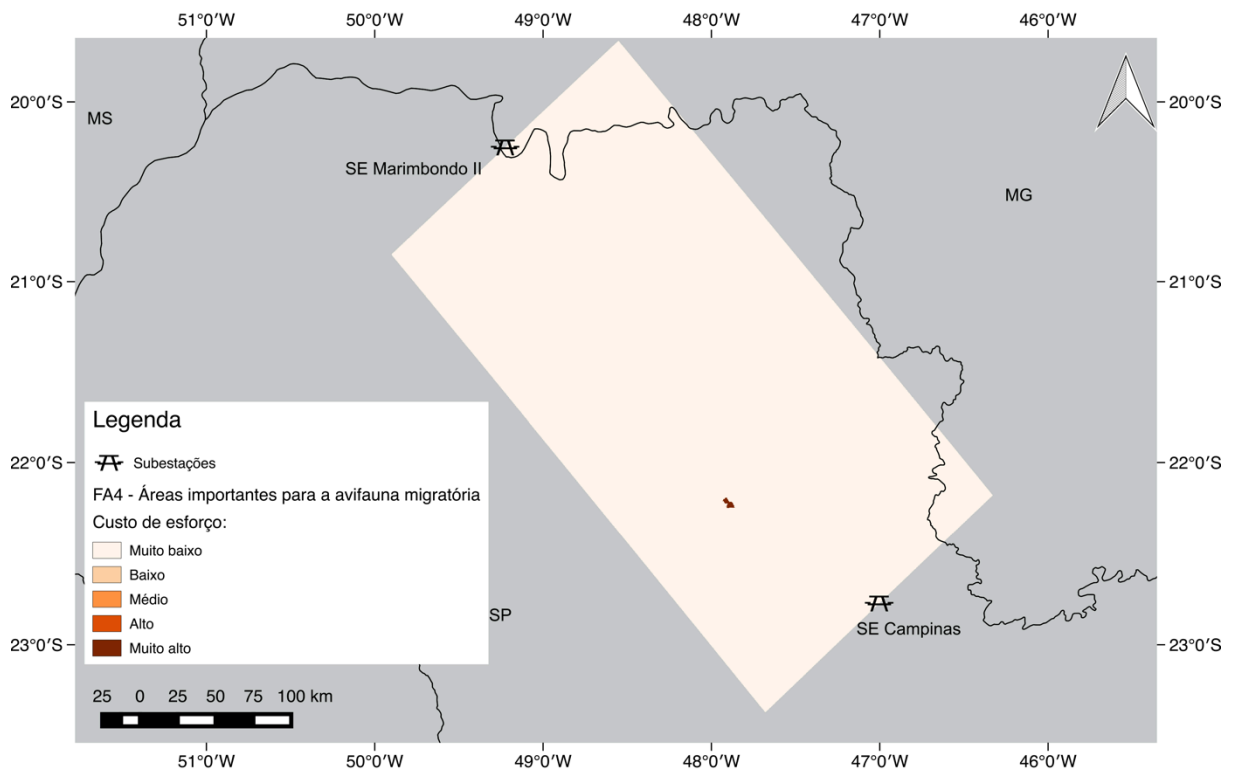


Figura 85 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FA4 – Áreas importantes para avifauna migratória.

- **FA5 – Cavidades naturais subterrâneas**

Critério de influência: Repulsão - Evitar interferências em zonas de amortecimento de cavidades naturais subterrâneas

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial: Como para este fator definiu-se apenas 2 subcritérios, interfere ou não interfere em zonas de amortecimento de cavidades naturais subterrâneas, o AHP não se aplica. Assim, a classificação da superfície de custo foi executada segundo os valores de pós-equalização.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

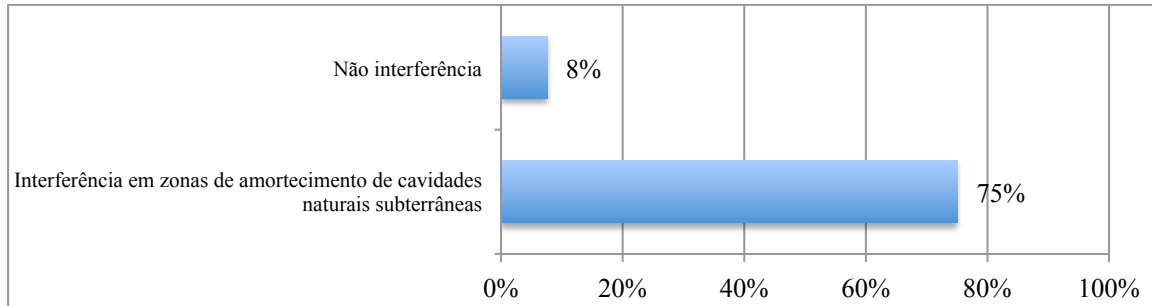


Figura 86 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA5 – Cavidades naturais subterrâneas.

Mapa da superfície de custo:

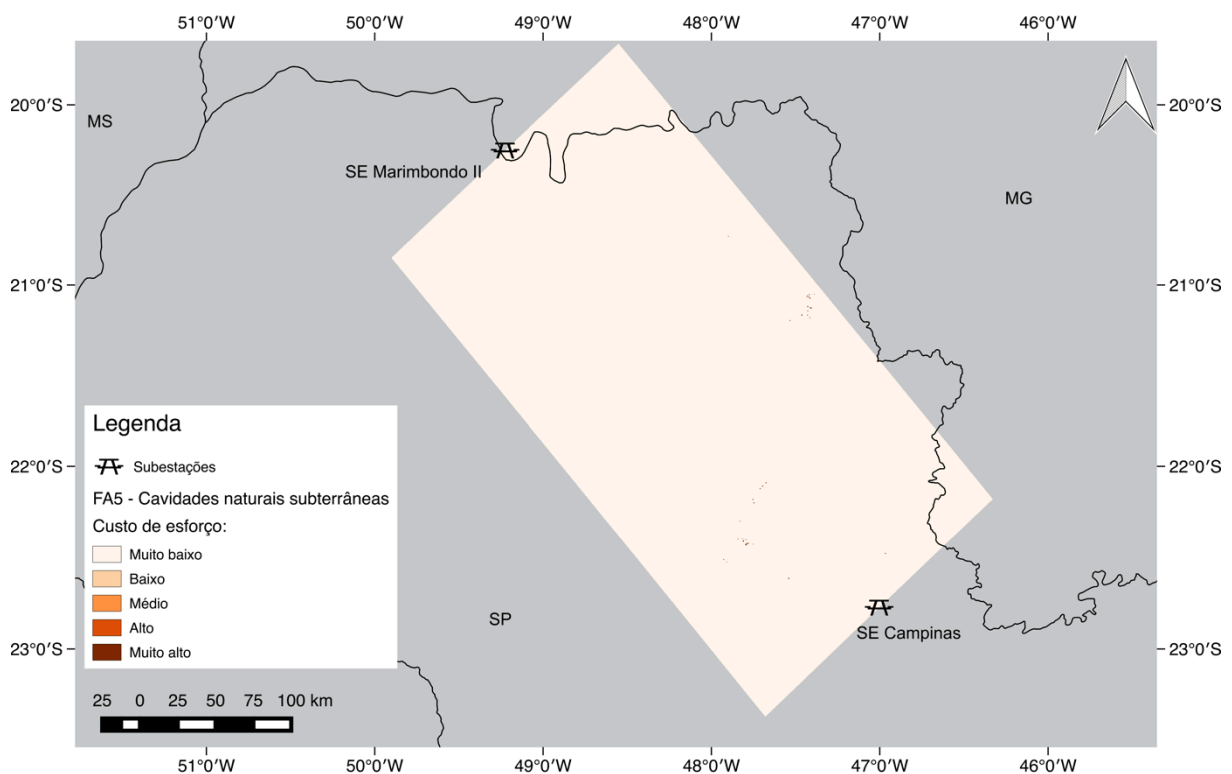


Figura 87 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FA5 – Cavidades naturais subterrâneas.

- FA6 – Declividade

Critério de influência: Repulsão - Evitar interferência em áreas de relevo acidentado

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

FA7 - Paralelismo com empreendimentos lineares pré-existent						
	Interferência em Buffer de 1 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 1,5 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 2 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 2,5 km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência além de 2,5 km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 100 metros a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente
Interferência em Buffer de 1 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 1,5 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 2 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 2,5 km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência além de 2,5 km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 100 metros a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 88 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA6 – Declividade

Teste de consistência:

Step I - Matriz de pares							Step II - Matriz normalizada						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6		C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1,00	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11	C1	0,038	0,038	0,02	0,02	0,03	0,06
C2	1,00	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11	C2	0,038	0,038	0,02	0,02	0,03	0,06
C3	3,00	3,00	1,00	0,33	0,20	0,14	C3	0,115	0,115	0,06	0,03	0,04	0,08
C4	5,00	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20	C4	0,192	0,192	0,18	0,1	0,07	0,11
C5	7,00	7,00	5,00	3,00	1,00	0,33	C5	0,269	0,269	0,3	0,31	0,21	0,18
C6	9,00	9,00	7,00	5,00	3,00	1,00	C6	0,346	0,346	0,42	0,51	0,62	0,53

Step III - Matriz de pesos

0,03
0,03
0,07
0,14
0,25
0,46

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistênc ia (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,2089707	6,09707	6,2824	0,05647708	0,05
0,2089707	6,09707			
0,4431136	6,018268			
0,8814338	6,281924			
1,6780595	6,58159			
3,061328	6,618392			

Figura 89 – Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FA6 – Declividade

Análise de sensibilidade (pré-equalização):

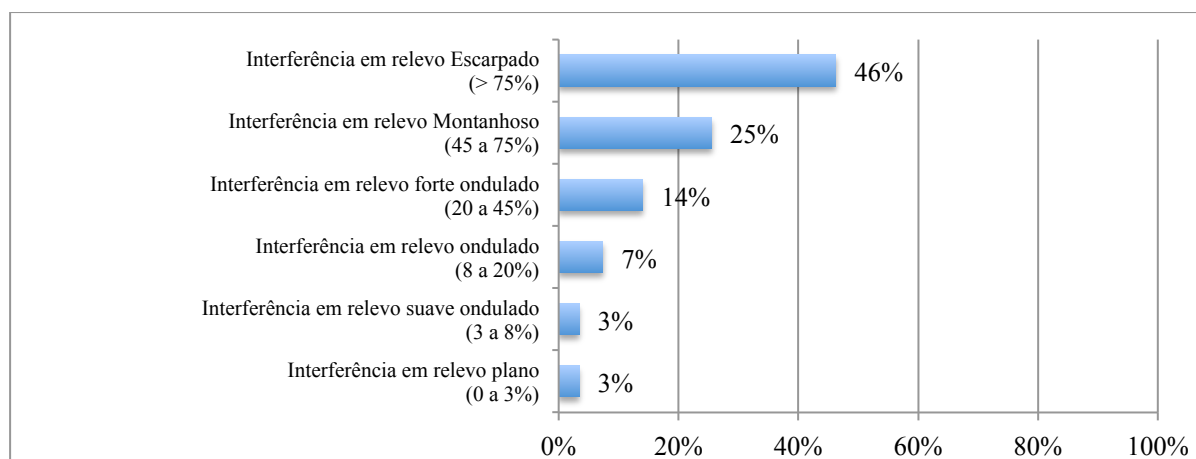


Figura 90 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA6 – Declividade.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

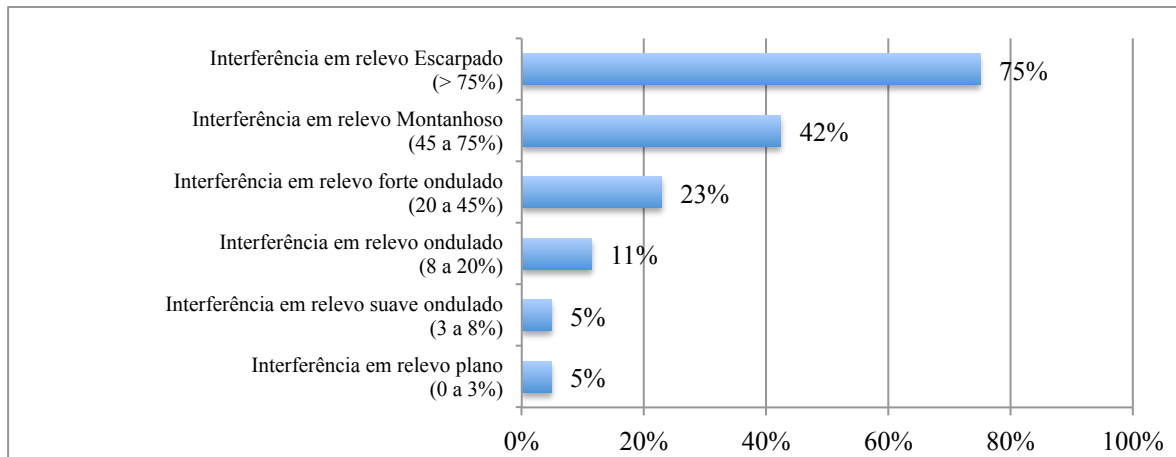


Figura 91 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA6 – Declividade.

Mapa da superfície de custo:

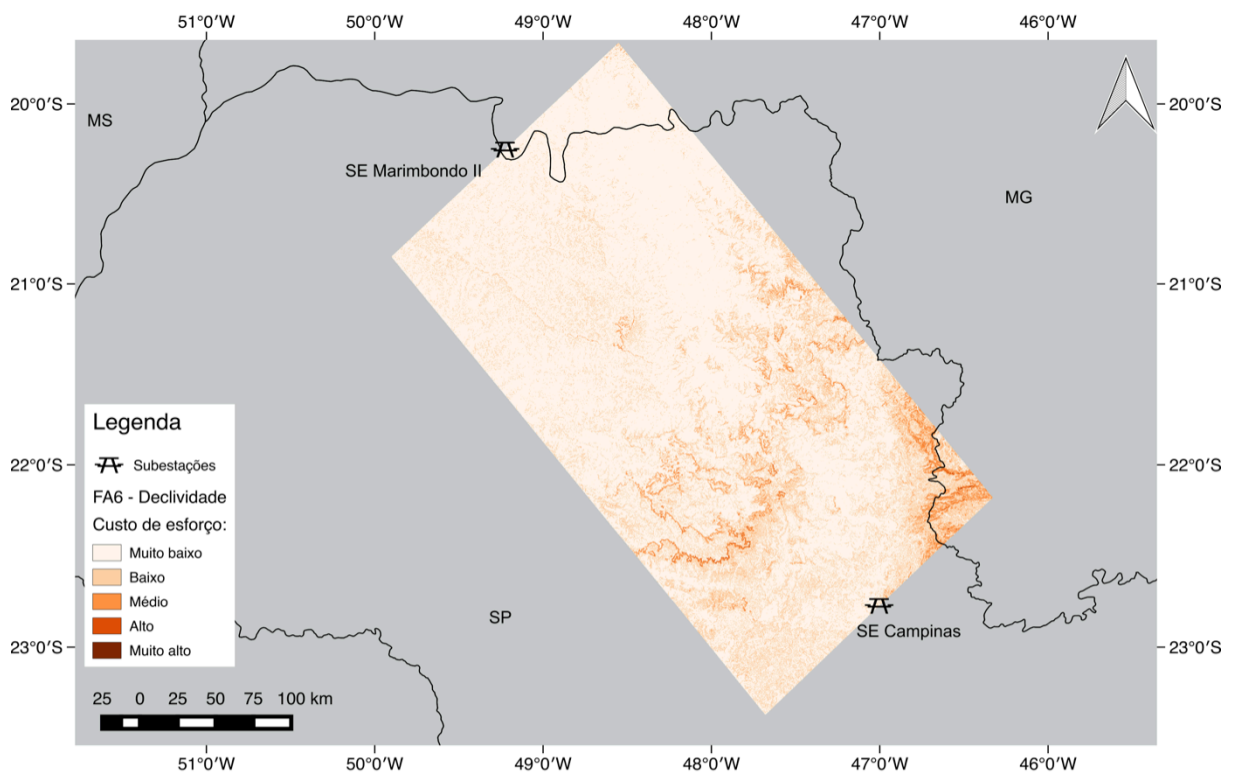


Figura 92 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FA6 – Declividade.

- **FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares**

Critério de influência: Atração - Prorizar proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existentes, minimizando abertura de acessos e impactos associados.

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

FA7 - Paralelismo com empreendimentos lineares pré-existentes						
	Interferência em Buffer de 1 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 1,5 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 2 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 2,5 km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência além de 2,5 km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 100 metros a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente
Interferência em Buffer de 1 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 1,5 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 2 Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 2,5 km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência além de 2,5 km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 100 metros a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 93 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares

Teste de consistência:

Step I - Matriz de pares

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11	0,11
C2	3,00	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11
C3	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20	0,11
C4	7,00	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20
C5	9,00	7,00	5,00	3,00	1,00	0,20
C6	9,00	9,00	9,00	5,00	5,00	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0,029	0,013	0,0108	0,015	0,016	0,064
C2	0,088	0,039	0,018	0,021	0,021	0,064
C3	0,147	0,118	0,054	0,034	0,029	0,064
C4	0,206	0,197	0,1619	0,103	0,049	0,115
C5	0,265	0,276	0,2698	0,31	0,147	0,115
C6	0,265	0,355	0,4856	0,517	0,737	0,577

Step III - Matriz de pesos

0,02
0,04
0,07
0,14
0,23
0,49

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,1534771	6,19701396	6,6185	0,12369545	0,1
0,2561526	6,11065277			
0,4709276	6,31474936			
0,9202421	6,62868386			
1,6341483	7,08669149			
3,6077741	7,37307218			

Figura 94 – Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares

Análise de sensibilidade (pré-equalização):

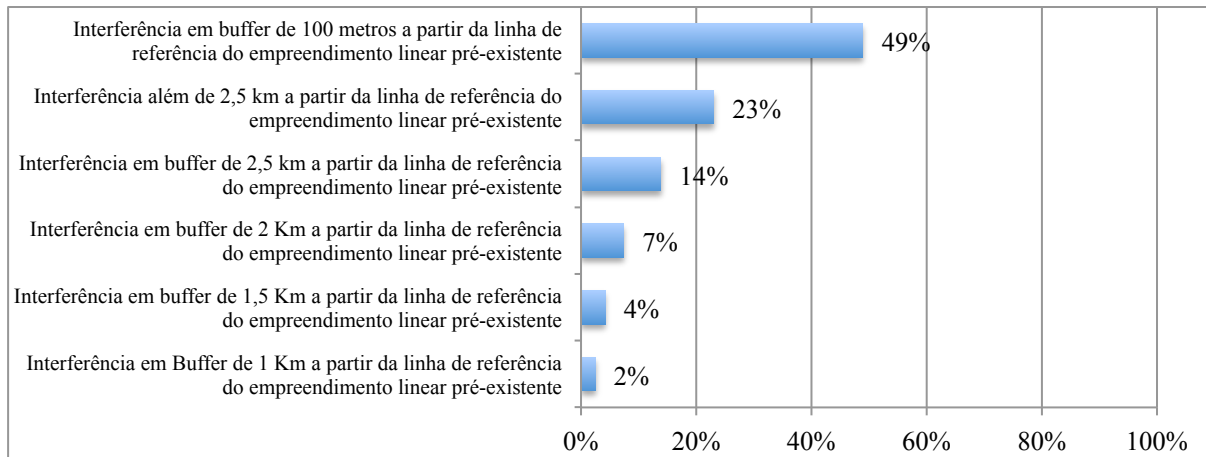


Figura 95 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

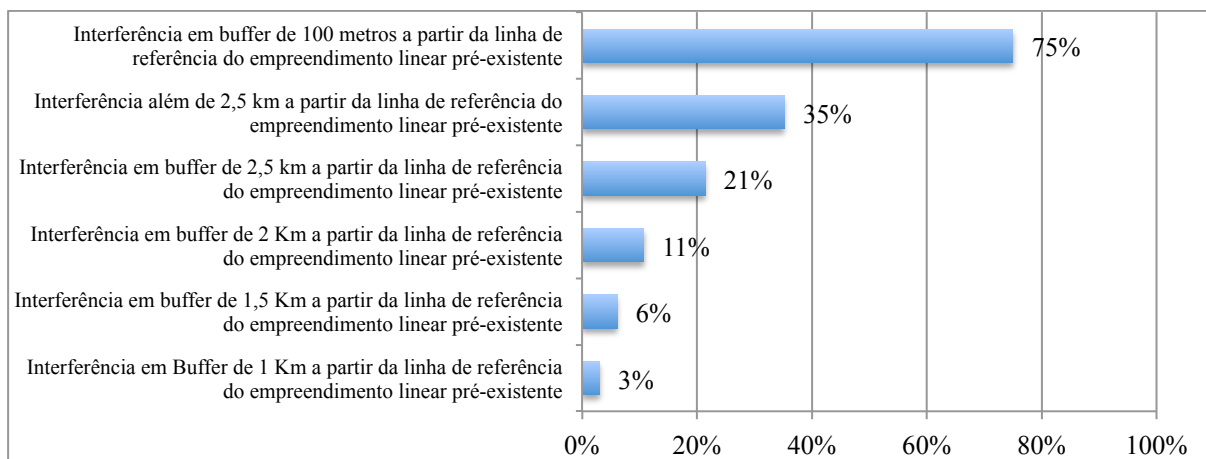


Figura 96 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.

Mapa da superfície de custo:

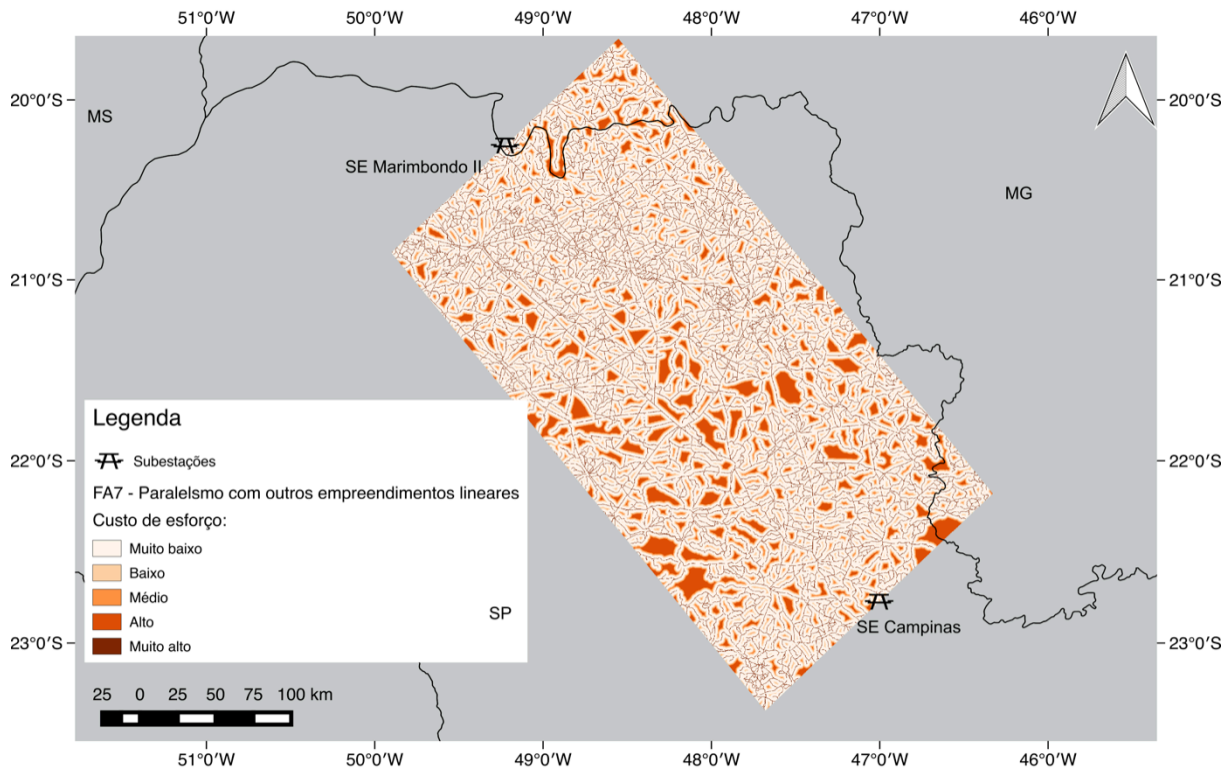


Figura 97 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FA7 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.

- **FA8 – Áreas alagáveis**

Critério de influência: Repulsão - Evitar interferências em áreas alagáveis.

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial: Como para este fator definiu-se apenas 2 subcritérios, interfere ou não interfere em áreas alagáveis, o AHP não se aplica. Assim, a classificação da superfície de custo foi executada segundo os valores de pós-equalização.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

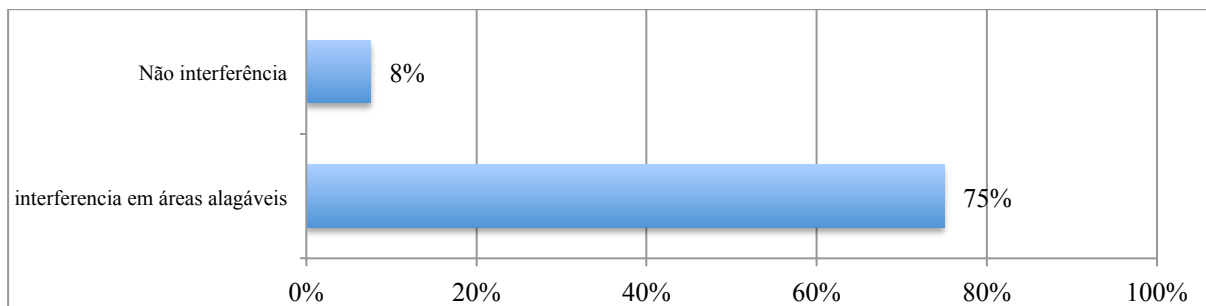


Figura 98 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA8 – Áreas alagáveis.

Mapa da superfície de custo:

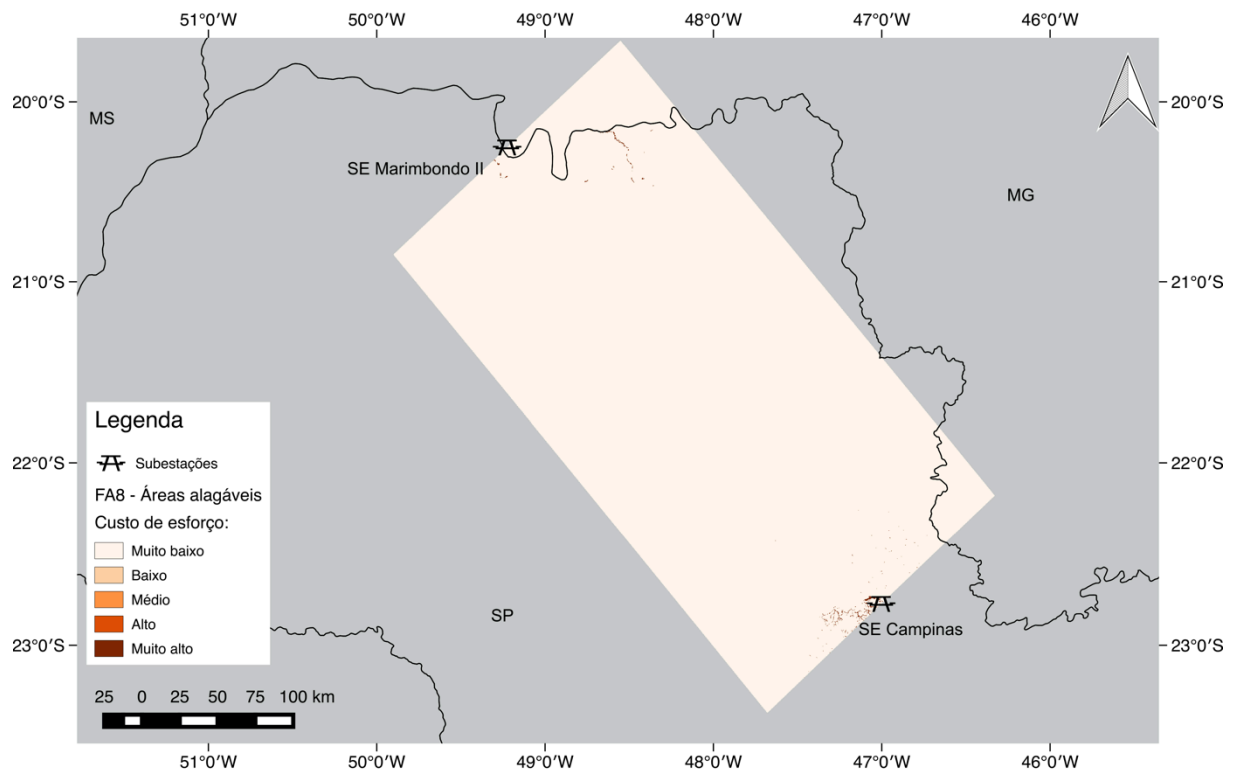


Figura 99 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FA8 – Áreas alagáveis.

- **FA9 – Vegetação nativa**

Critério de influência: Repulsão - Evitar Interferência e fragmentação em áreas com vegetação nativa

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

FA9 - Interferência em Áreas com vegetação nativa			
	Não Interferência em áreas com Vegetação nativa	Interferência em áreas com Vegetação nativa em estágio secundário	Interferência em áreas com Vegetação nativa
Não Interferência em áreas com Vegetação nativa	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em áreas com Vegetação nativa em estágio secundário		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em áreas com Vegetação nativa			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 100 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FA9 – Vegetação nativa

Teste de consistência:

Step I - Matriz de pares

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,33	0,11
C2	3,00	1,00	0,20
C3	9,00	5,00	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3
C1	0,077	0,053	0,085
C2	0,231	0,158	0,153
C3	0,692	0,789	0,763

Step III - Matriz de pesos

0,07
0,18
0,75

Step IV - Taxa de Consistência			
Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Taxa:
0,2146969	3,0055502	3,029	0,0252
0,5443354	3,017345		
2,2930762	3,0649363		

Figura 101 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do FA9 –
Vegetação nativa

Análise de sensibilidade (pré-equalização): Como este fator foi um dos fatores que apresentaram maiores valores de sensibilidade e, por sua vez, foi utilizado como referencia para a equalização deste valores, não há análise de sensibilidade pós-equalização.

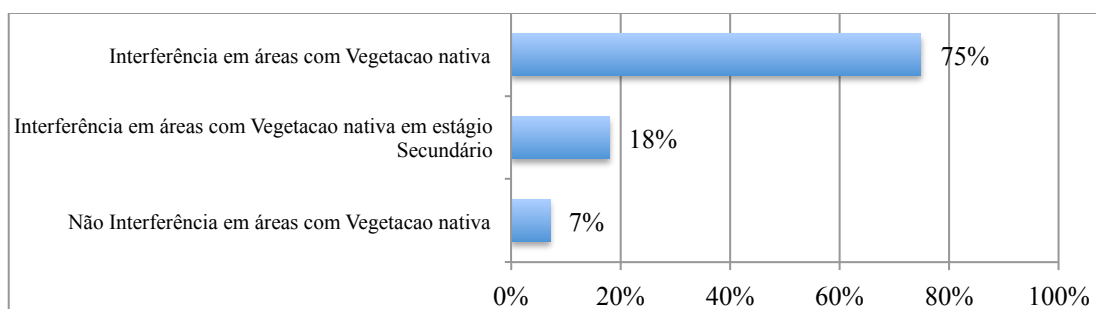


Figura 102 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FA9 – Vegetação nativa.

Mapa da superfície de custo:

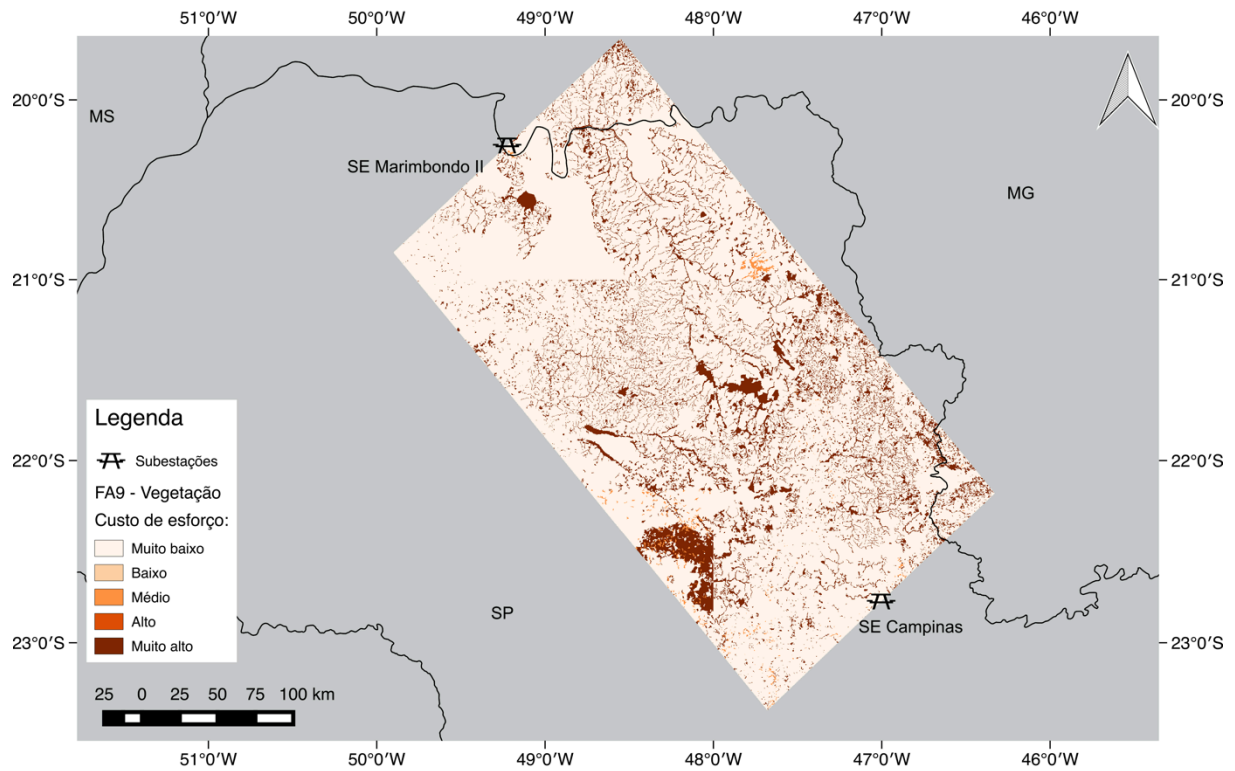


Figura 103 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FA9 – Vegetação nativa.

- **FS1 – Terras Indígenas (TIs)**

Critério de influência: Repulsão - Evitar Interferências em Terras Indígenas e terras circunvizinhas

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial: Como a região de estudo não apresentou a existência de nenhuma TI, definiu-se que a superfície de custo teria valor unitário em toda a sua abrangência.

Mapa da superfície de custo:

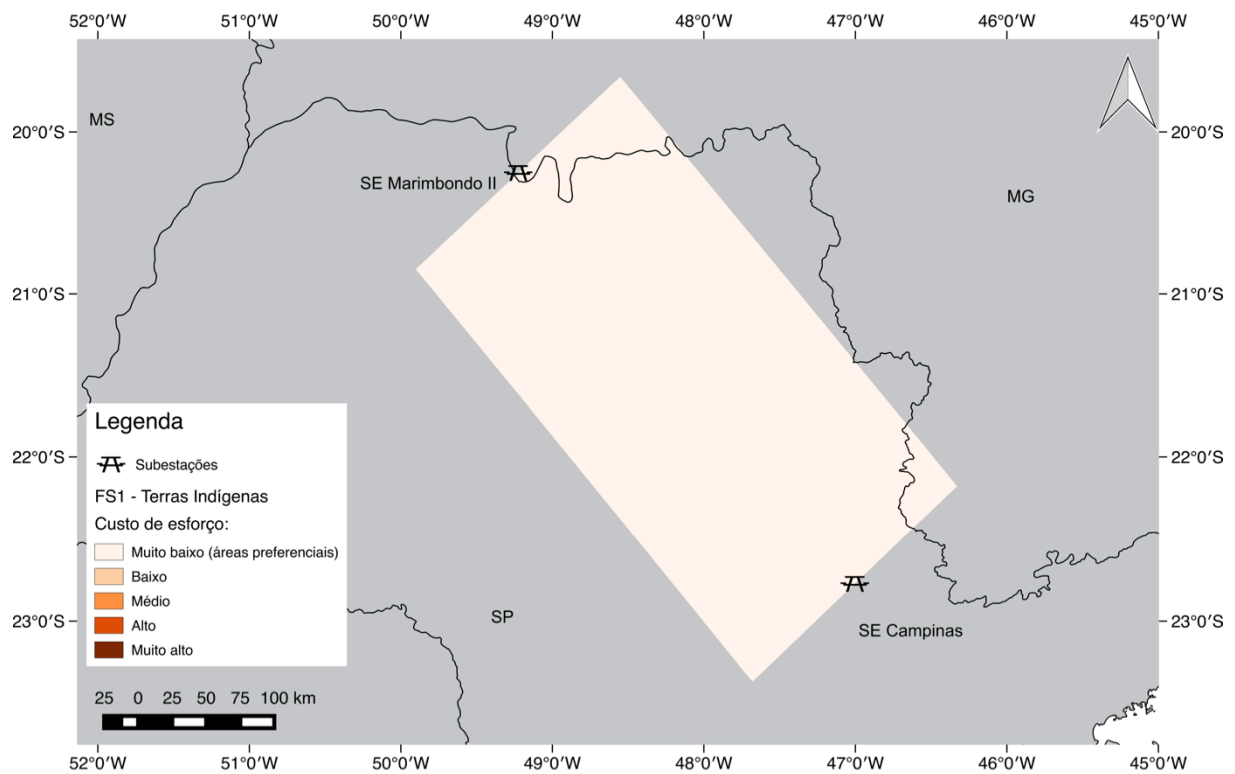


Figura 104 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS1 – Terras Indígenas.

- **FS2 – Áreas urbanas e periurbanas**
Critério de influência: Repulsão - Evitar Interferências em áreas urbanas e periurbanas

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

FS2 - Áreas urbanas e periurbanas					
	Não Interferência em área urbana e periurbana	Interferência em Buffer de 20km a partir da área urbana	Interferência em Buffer de 10km a partir da área urbana	Interferência em Buffer de 5km a partir da área urbana	Interferência em Area urbana
Não Interferência em área urbana e periurbana	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em Buffer de 20km a partir da área urbana		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em Buffer de 10km a partir da área urbana			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em Buffer de 5km a partir da área urbana				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em Area urbana					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 105 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FS2 – Áreas urbanas

Teste de consistência:

Step I - Matriz de pares

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11
C2	3,00	1,00	0,33	0,20	0,14
C3	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20
C4	7,00	5,00	3,00	1,00	0,33
C5	9,00	7,00	5,00	3,00	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0,04	0,020408163	0,020979021	0,030549898	0,062166963
C2	0,12	0,06122449	0,034965035	0,042769857	0,079928952
C3	0,2	0,183673469	0,104895105	0,071283096	0,111900533
C4	0,28	0,306122449	0,314685315	0,213849287	0,186500888
C5	0,36	0,428571429	0,524475524	0,641547862	0,559502664

Step III - Matriz de pesos

0,03
0,07
0,13
0,26
0,50

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,177328	5,09259353	5,242606918	0,060651729	0,05415333
0,340901	5,029698779			
0,699095	5,203520323			
1,413523	5,431790266			
2,743097	5,455431689			

Figura 106 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do FS2 – Áreas urbanas.

Análise de sensibilidade (pré-equalização):

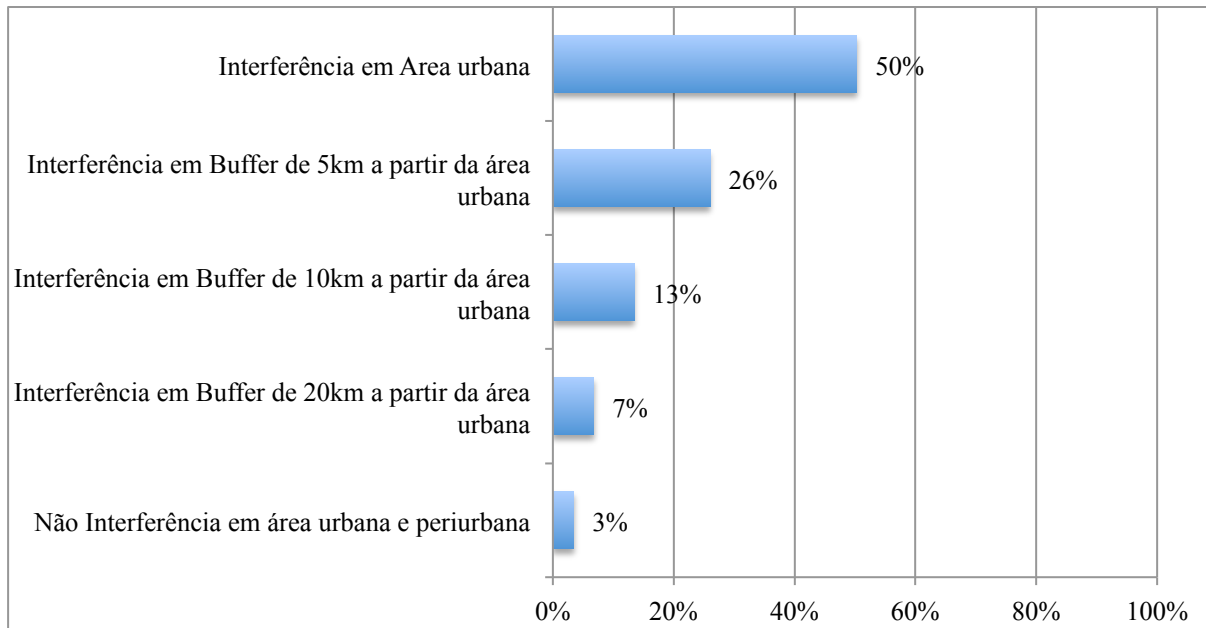


Figura 107 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS2 – Áreas urbanas.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

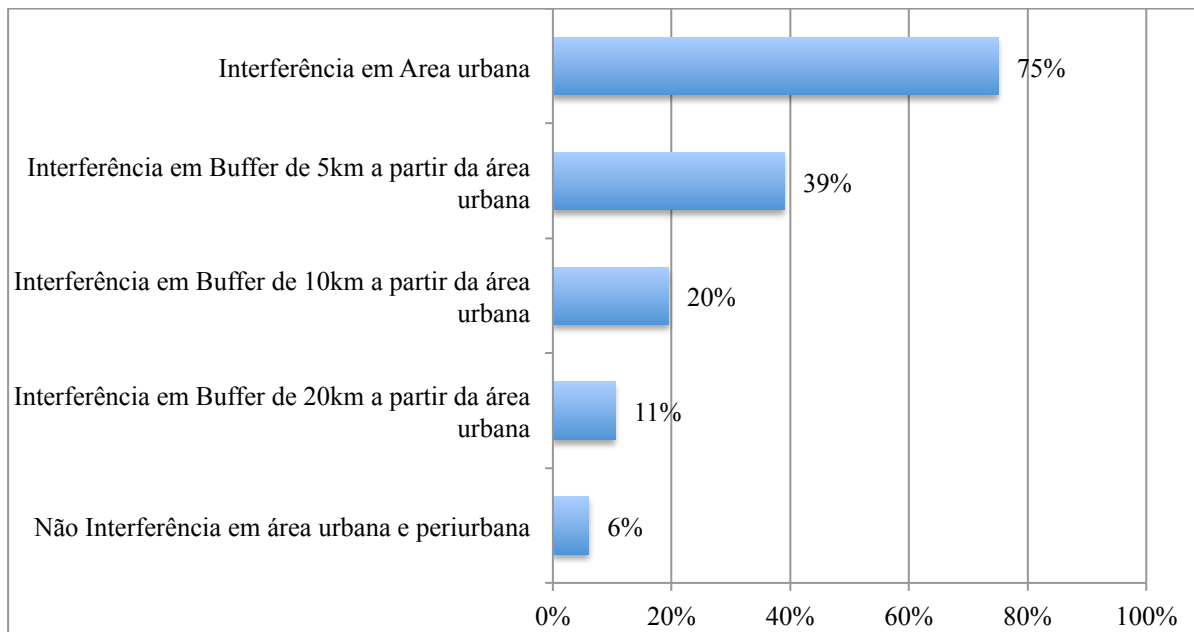


Figura 108 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS2 – Áreas urbanas.

Mapa da superfície de custo:

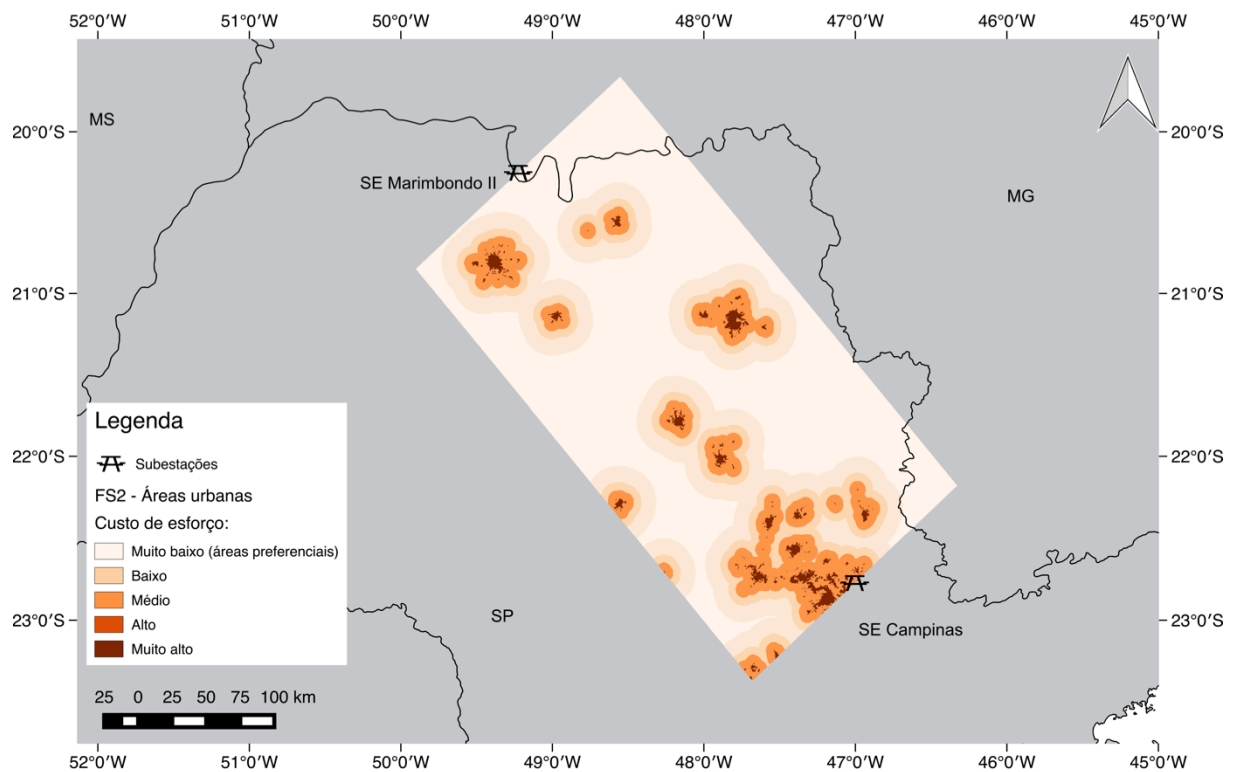


Figura 109 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS2 – Áreas urbanas.

- **FS3 – Projetos de assentamento (PAs)**

Critério de influência: Repulsão - Evitar Interferências em áreas de assentamento do INCRA

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial: Como para este fator definiu-se apenas 2 subcritérios, interfere ou não interfere em áreas de assentamento, o AHP não se aplica. Assim, a classificação da superfície de custo foi executada segundo os valores de pós-equalização.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

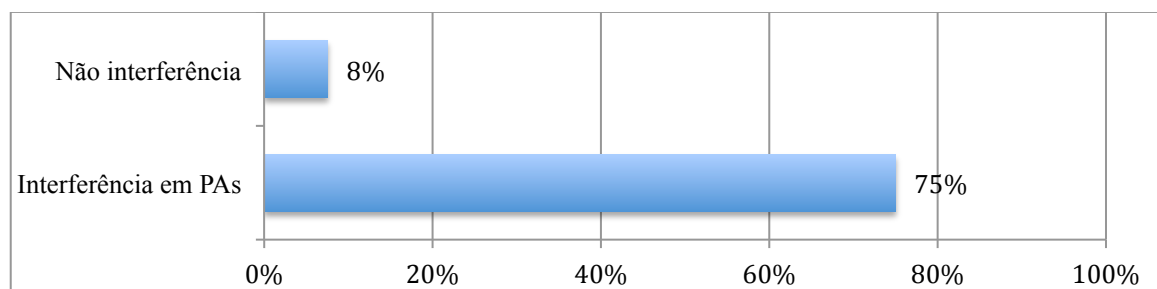


Figura 110 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS3 – Projetos de assentamento.

Mapa da superfície de custo:

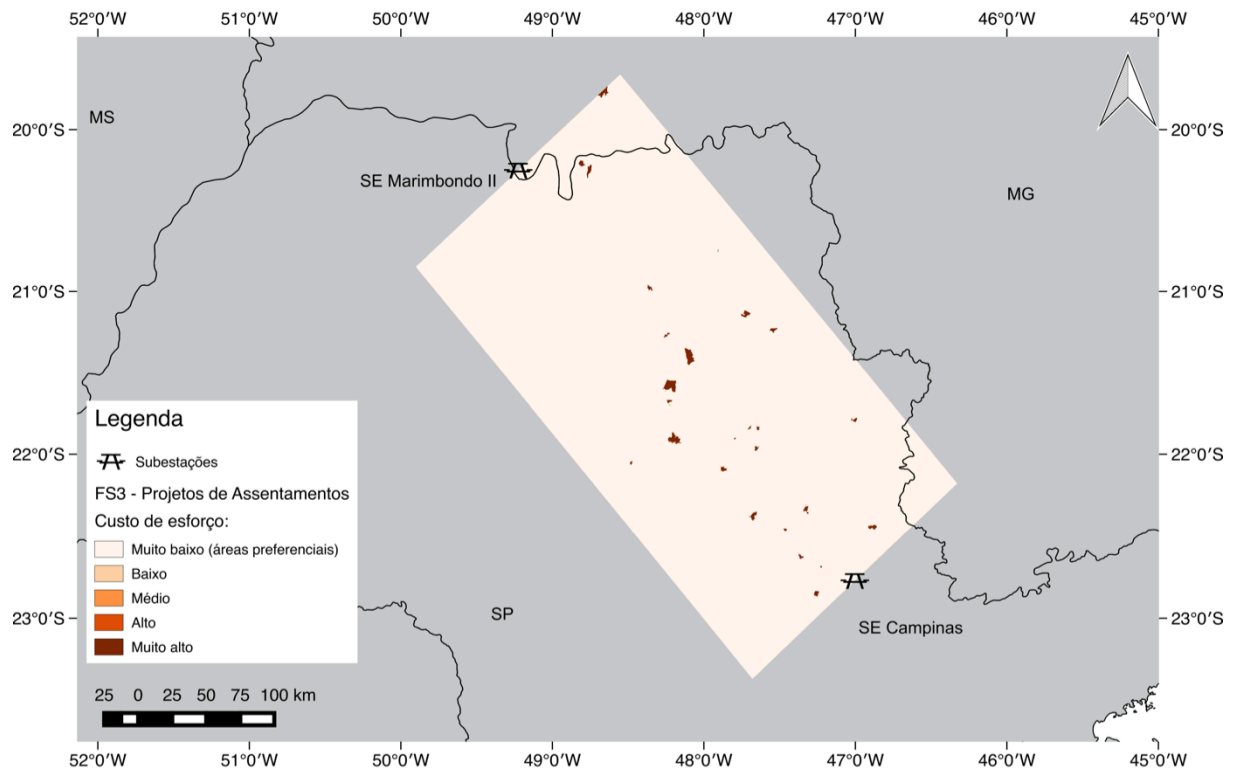


Figura 111 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS3 – Projetos de assentamento.

- **FS4 – Áreas quilombolas**

Critério de influência: Repulsão - Evitar Interferências em áreas quilombolas

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial: Como a região de estudo não apresentou a existência de nenhuma área quilombola, definiu-se que a superfície de custo teria valor unitário em toda a sua abrangência.

Mapa da superfície de custo:

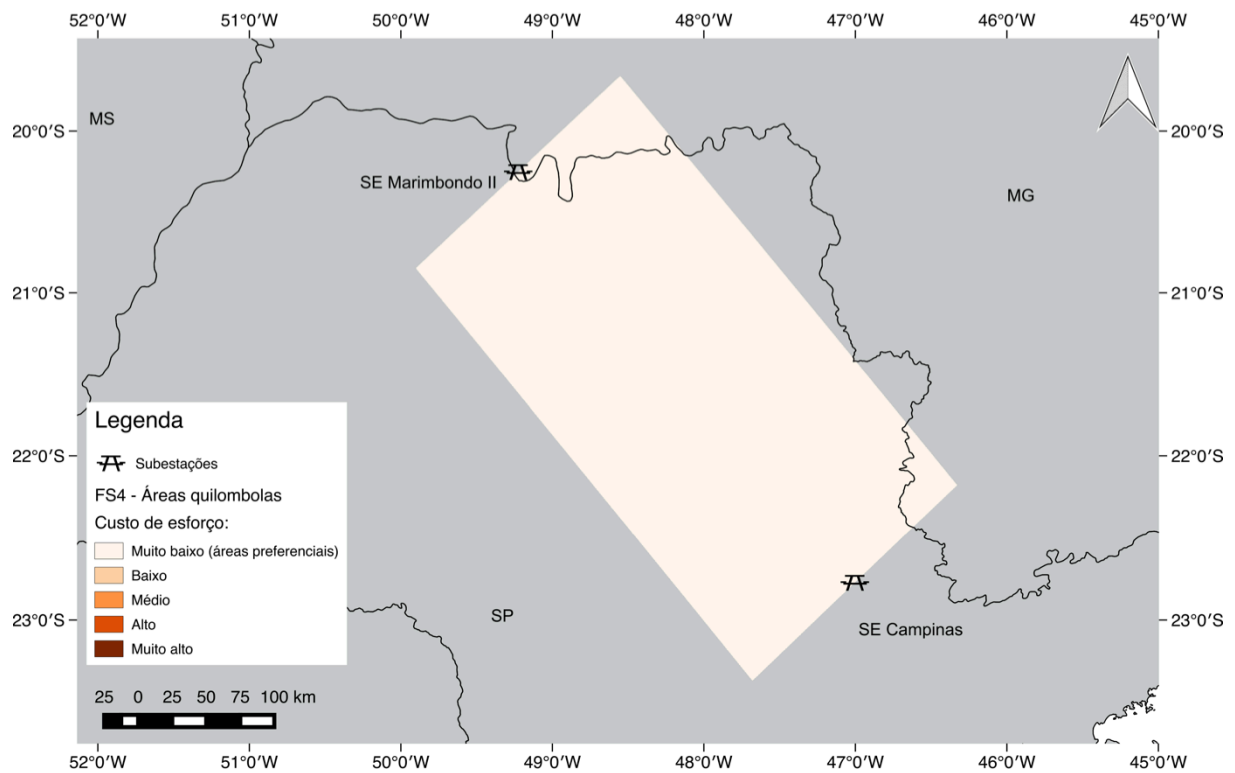


Figura 112 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS4 – Áreas quilombolas.

- **FS5 – Áreas de relevante interesse arqueológico**

Critério de influência: Repulsão - Evitar Interferências em sítios arqueológicos

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial: Como o IPHAN não disponibilizou as informações existentes no Cadastro Nacional de sítio arqueológico, definiu-se que a superfície de custo teria valor unitário em toda a sua abrangência.

Mapa da superfície de custo:

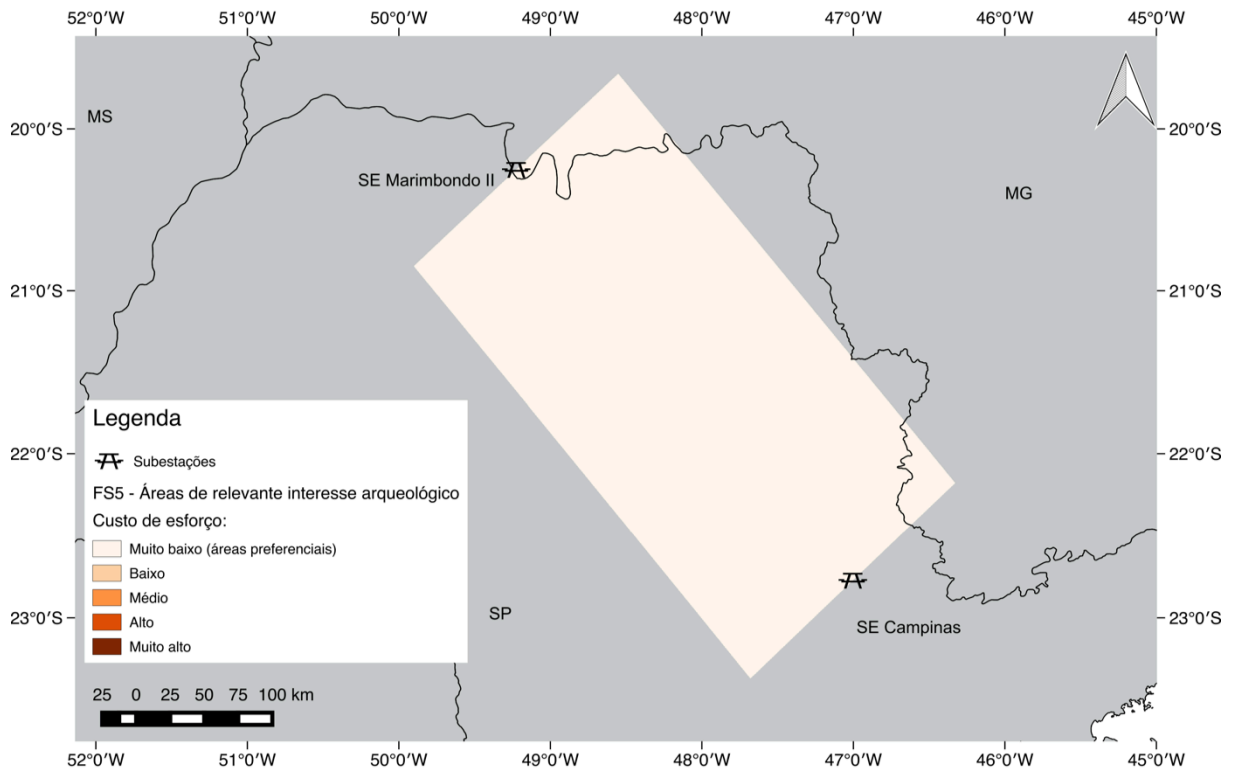


Figura 113 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS5 – Áreas de relevante interesse arqueológico.

- **FS6 – Aeródromos**

Critério de influência: Repulsão - Evitar Interferências em aeródromos

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial: Como para este fator definiu-se apenas 2 subcritérios, interfere ou não interfere em áreas do entorno de aeródromos, o AHP não se aplica. Assim, a classificação da superfície de custo foi executada segundo os valores de pós-equalização.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

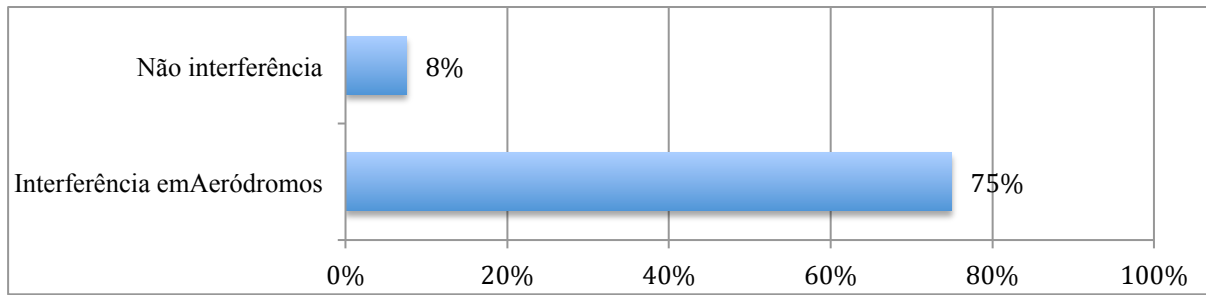


Figura 114 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS6 – Aeródromos.

Mapa da superfície de custo:

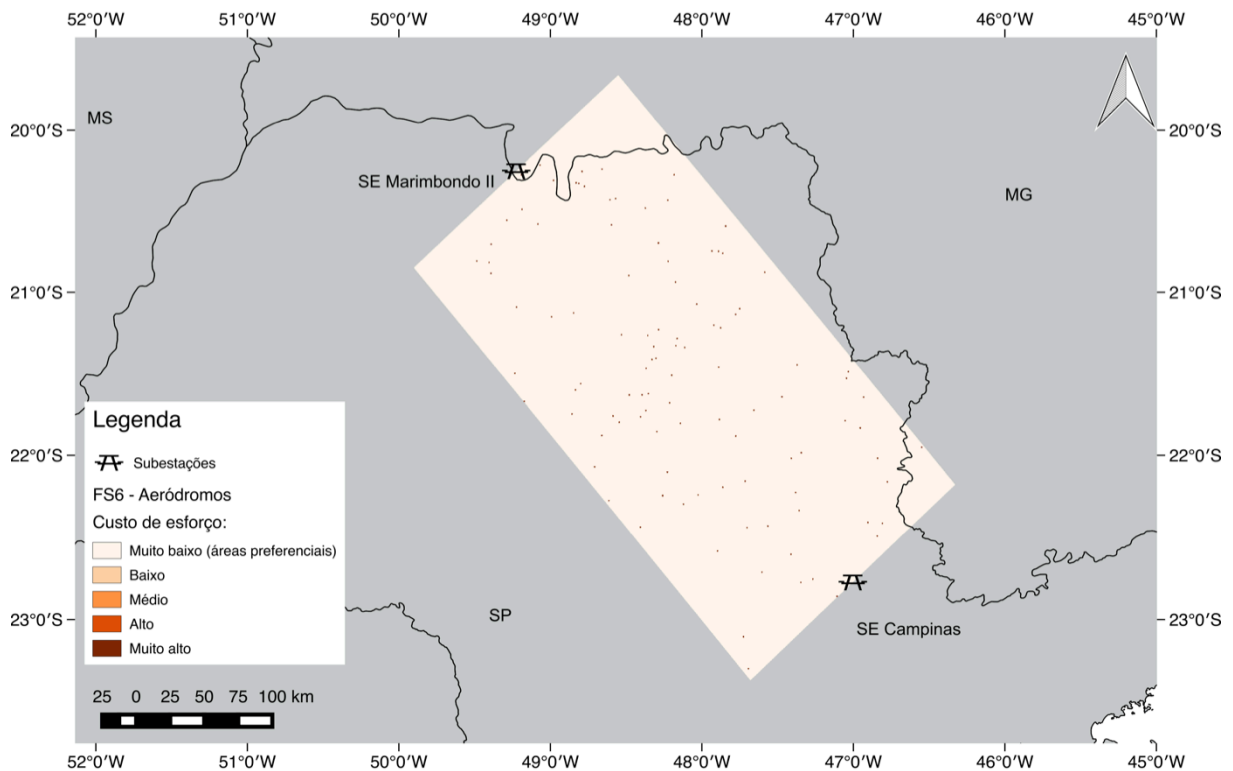


Figura 115 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS6 – Aeródromos.

- **FS7 – Impacto visual na paisagem**

Critério de influência: Repulsão – Minimizar impacto na paisagem

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

CS7 - Impacto visual na paisagem									
	Impacto na paisagem nível 9	Impacto na paisagem nível 8	Impacto na paisagem nível 7	Impacto na paisagem nível 6	Impacto na paisagem nível 5	Impacto na paisagem nível 4	Impacto na paisagem nível 3	Impacto na paisagem nível 2	Impacto na paisagem nível 1
Impacto na paisagem nível 9	Peso 1 - mesmo nível de influência entre as 2 critérios	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 5 - critério da LINHA mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 5 - critério da LINHA mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 7 - Critério da LINHA muito mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 9 - Critério da LINHA absolutamente mais unfluente SOBRE o da COLUNA	Peso 9 - Critério da LINHA absolutamente mais unfluente SOBRE o da COLUNA
Impacto na paisagem nível 8		Peso 1 - mesmo nível de influência entre as 2 critérios	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 5 - critério da LINHA mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 5 - critério da LINHA mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 7 - Critério da LINHA muito mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 9 - Critério da LINHA absolutamente mais unfluente SOBRE o da COLUNA
Impacto na paisagem nível 7			Peso 1 - mesmo nível de influência entre as 2 critérios	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 5 - critério da LINHA mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 5 - critério da LINHA mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 7 - Critério da LINHA muito mais influente SOBRE o da COLUNA
Impacto na paisagem nível 6				Peso 1 - mesmo nível de influência entre as 2 critérios	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 5 - critério da LINHA mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 5 - critério da LINHA mais influente SOBRE o da COLUNA
Impacto na paisagem nível 5					Peso 1 - mesmo nível de influência entre as 2 critérios	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 5 - critério da LINHA mais influente SOBRE o da COLUNA
Impacto na paisagem nível 4						Peso 1 - mesmo nível de influência entre as 2 critérios	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA
Impacto na paisagem nível 3							Peso 1 - mesmo nível de influência entre as 2 critérios	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA
Impacto na paisagem nível 2								Peso 1 - mesmo nível de influência entre as 2 critérios	Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA
Impacto na paisagem nível 1									Peso 1 - mesmo nível de influência entre as 2 critérios

Figura 116 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FS7 – Impacto visual na paisagem

Teste de consistência:

Step I - Matriz de pares

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	7,00	9,00	9,00
C2	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	7,00	9,00
C3	0,33	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	7,00
C4	0,33	0,33	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00
C5	0,20	0,33	0,33	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	5,00
C6	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00
C7	0,14	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	1,00	3,00	3,00
C8	0,11	0,14	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	1,00	3,00

C9	0,11	0,11	0,14	0,20	0,20	0,33	0,33	0,33	1,00
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,362	0,531	0,35	0,263	0,309	0,24	0,25	0,248	0,2
C2	0,121	0,177	0,35	0,263	0,185	0,24	0,18	0,193	0,2
C3	0,121	0,059	0,12	0,263	0,185	0,14	0,18	0,138	0,16
C4	0,121	0,059	0,04	0,088	0,185	0,14	0,11	0,138	0,11
C5	0,072	0,059	0,04	0,029	0,062	0,14	0,11	0,083	0,11
C6	0,072	0,035	0,04	0,029	0,021	0,05	0,11	0,083	0,07
C7	0,052	0,035	0,02	0,029	0,021	0,02	0,04	0,083	0,07
C8	0,04	0,025	0,02	0,018	0,021	0,02	0,01	0,028	0,07
C9	0,04	0,02	0,02	0,018	0,012	0,02	0,01	0,009	0,02

Step III - Matriz de pesos

0,31
0,21
0,15
0,11
0,08
0,06
0,04
0,03
0,02

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
3,09369858	10,10998584	9,754363674	0,094295459	0,07
2,17297006	10,24765486			
1,52530813	10,08166798			
1,08694897	9,866934197			
0,76041083	9,690270616			
0,53146983	9,531625591			
0,37630136	9,368019736			
0,25764889	9,309149578			
0,17652094	9,583964681			

Figura 117 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do FS7 – Impacto visual na paisagem.

Análise de sensibilidade (pré-equalização):

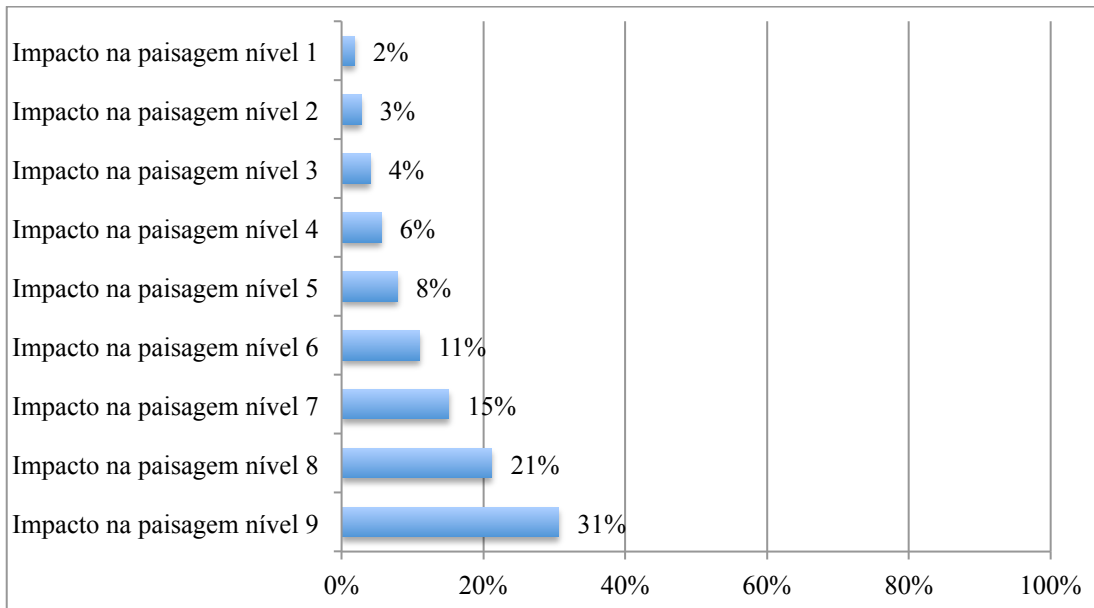


Figura 118 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS7 – Impacto visual na paisagem.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

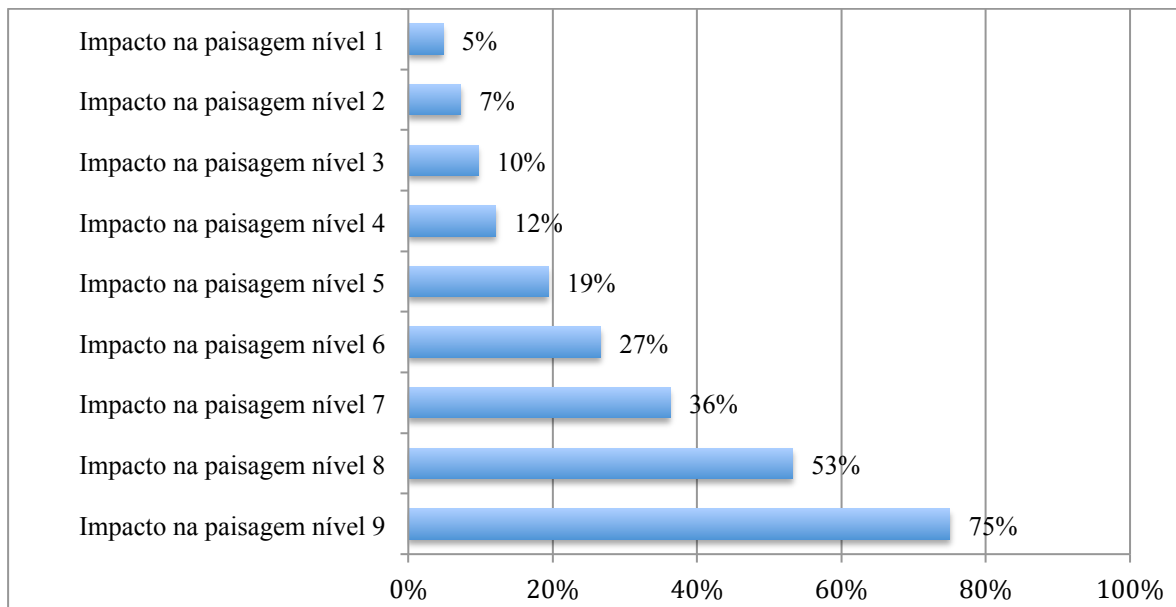


Figura 119 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS7 – Impacto visual na paisagem.

Mapa da superfície de custo:

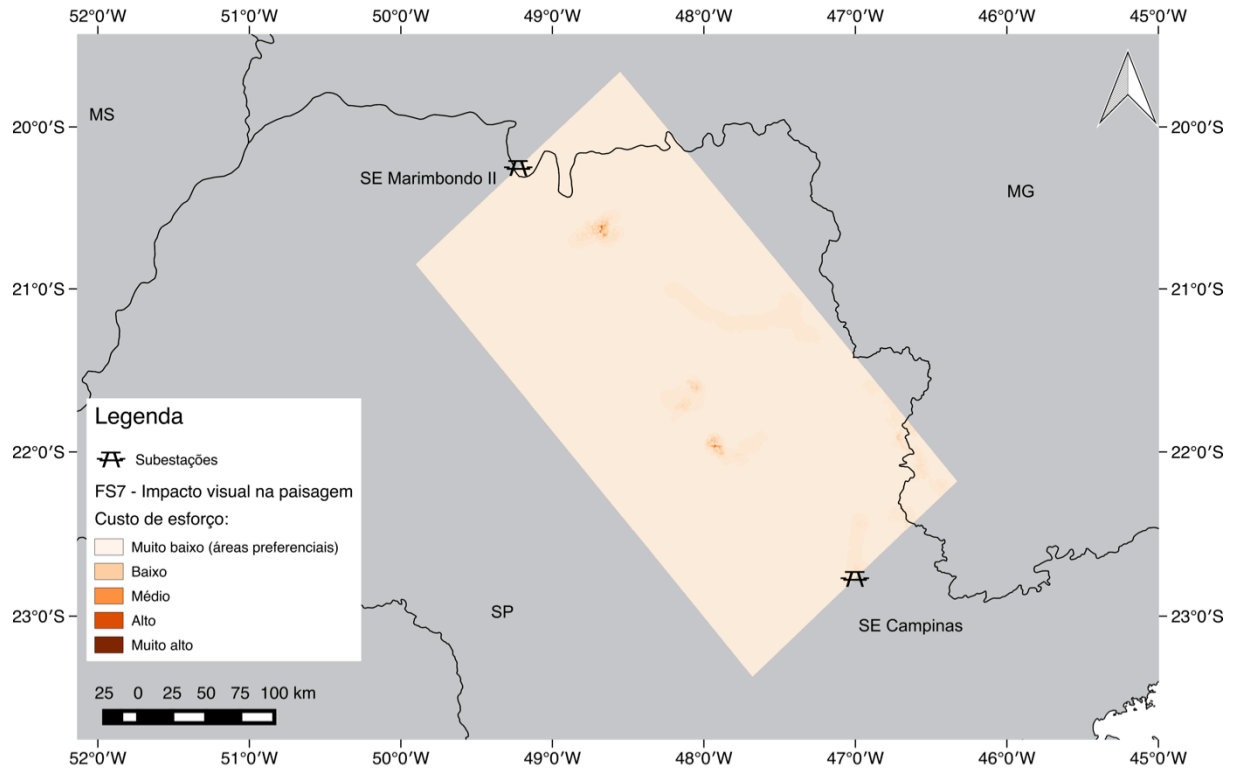


Figura 120 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS7 – Impacto visual na paisagem.

- **FS8 – Áreas de interesse minerário**

Critério de influência: Repulsão – Evitar interferência em áreas com interesse minerário

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

FS8 - Áreas de interesse mineral				
	Interferência fora de áreas de interesse mineral	Interferência em áreas em disponibilidade ou em fases de requerimento	Interferência em áreas com autorização de pesquisa	Interferência em áreas em fases de extração mineral (licenciamento, concessão de lavra e lavra garimpeira)
Interferência fora de áreas de interesse mineral	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em áreas em disponibilidade ou em fases de requerimento		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em áreas com autorização de pesquisa			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em áreas em fases de extração mineral (licenciamento, concessão de lavra e lavra garimpeira)				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 121 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FS8 – Áreas de interesse mineral.

Teste de consistência:

Step I - Matriz de pares

	C1	C2	C3	C4
C1	1,00	0,33	0,20	0,11
C2	3,00	1,00	0,33	0,11
C3	5,00	3,00	1,00	0,20
C4	9,00	9,00	5,00	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4
C1	0,056	0,025	0,0306	0,078
C2	0,167	0,075	0,051	0,078
C3	0,278	0,225	0,1531	0,141
C4	0,5	0,675	0,7653	0,703

Step III - Matriz de pesos

0,05
0,09
0,20
0,66

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,191476	4,046134841	4,186984528	0,062328176	0,069253529

0,3744733	4,039493716		
0,8460126	4,248842941		
2,9166738	4,413466616		

Figura 122 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do FS8 – Áreas de interesse mineral.

Análise de sensibilidade (pré-equalização):

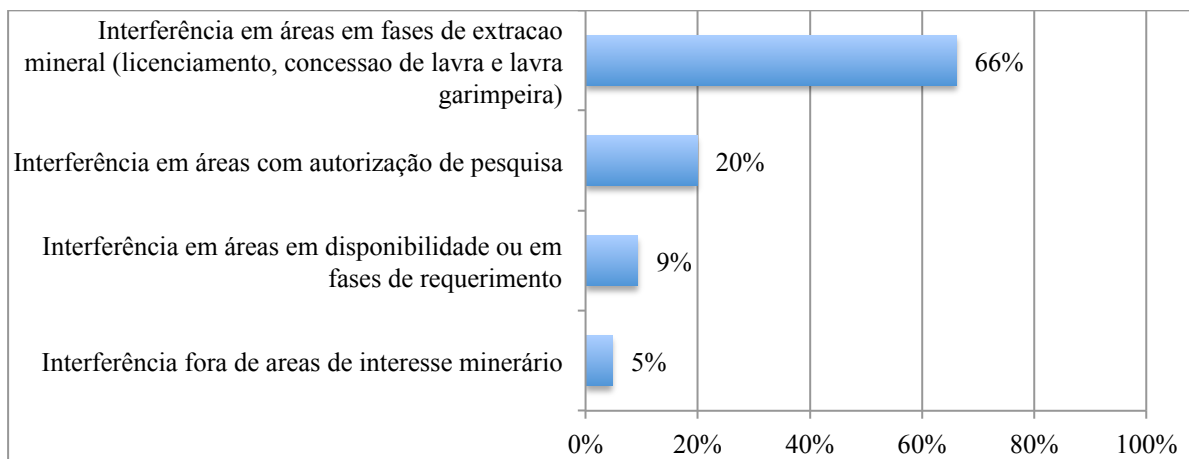


Figura 123 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS8 – Áreas de interesse mineral.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

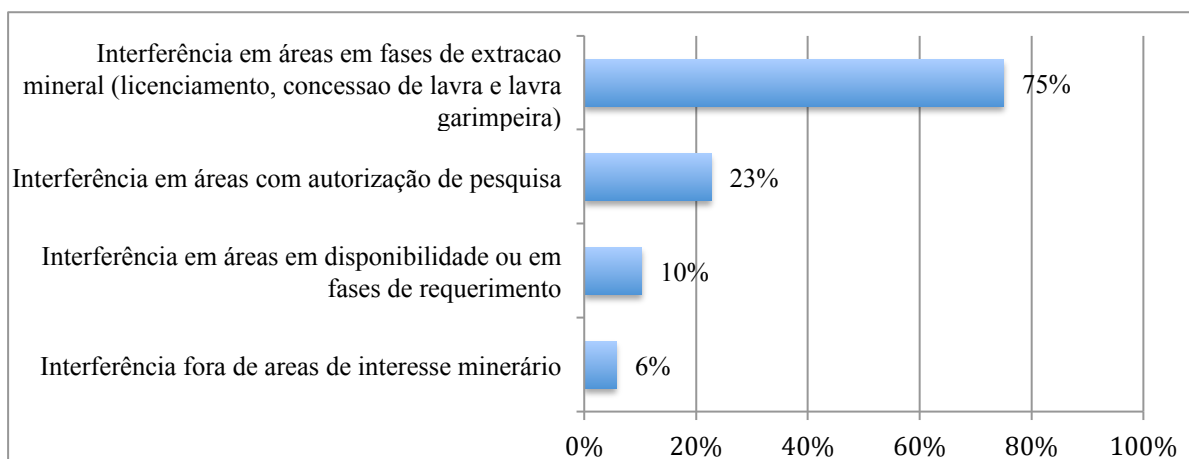


Figura 124 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS8 – Áreas de interesse mineral.

Mapa da superfície de custo:

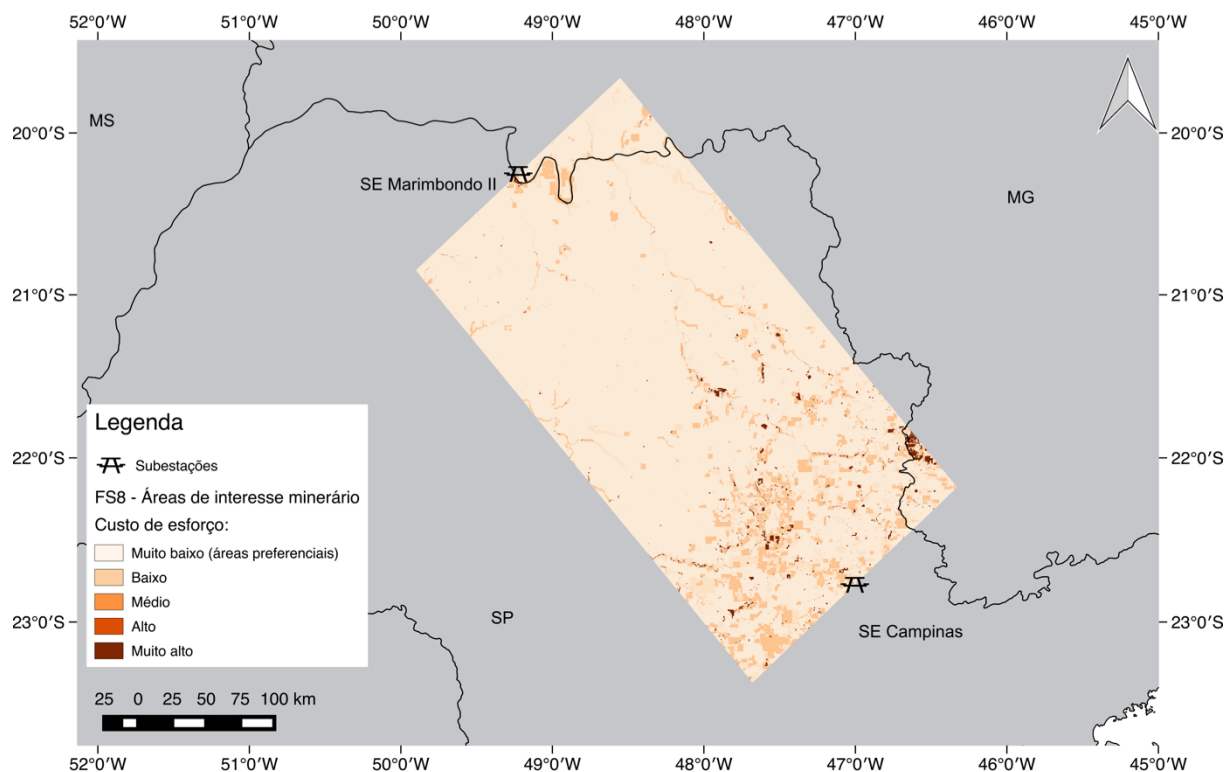


Figura 125 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS8 – Áreas de interesse mineralário.

- **FS9 – Fragmentação de áreas com agricultura**

Critério de influência: Repulsão – Evitar interferência em áreas com agricultura

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

FS9 - Interferência em culturas			
	Não Interferência em áreas classificadas como de agricultura, florestamento/reflorestamento e agropecuária	Interferência em áreas classificadas como de Agropecuária	Interferência em áreas classificadas como de agricultura e Florestamento/Reflorestamento
Não Interferência em áreas classificadas como de agricultura, florestamento/reflorestamento e agropecuária	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em áreas classificadas como de Agropecuária		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em áreas classificadas como de agricultura e Florestamento/Reflorestamento			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 126 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FS9 – Interferência em culturas.

Teste de consistência:

Step I - Matriz de pares

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,33	0,11
C2	3,00	1,00	0,20
C3	9,00	5,00	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3
C1	0,077	0,053	0,08
C2	0,231	0,158	0,15
C3	0,692	0,789	0,76

Step III - Matriz de pesos

0,07
0,18
0,75

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,2146969	3,005550219	3,029277158	0,014638579	0,025238929
0,5443354	3,017344998			
2,2930762	3,064936256			

Figura 127 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do FS9 – Fragmentação de áreas com agricultura.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

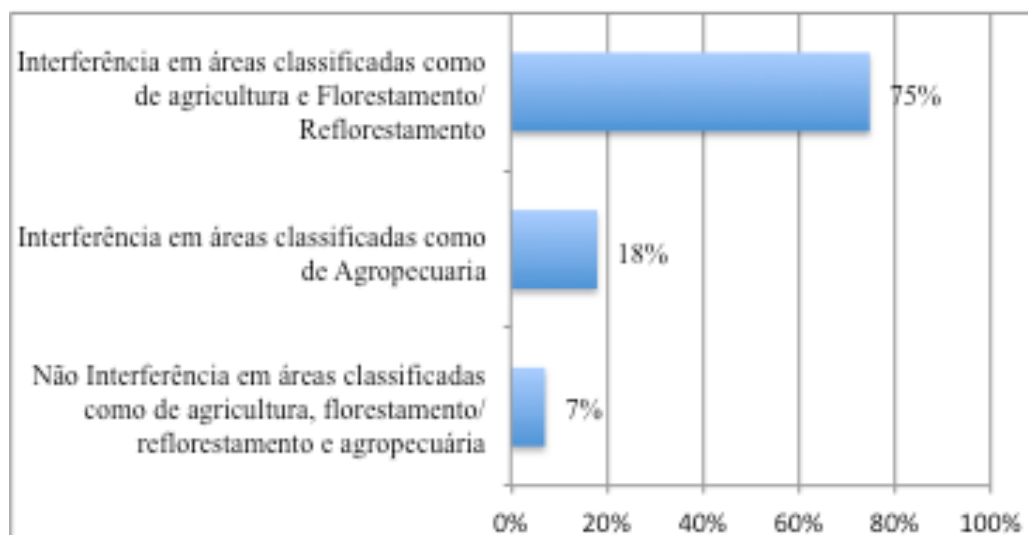


Figura 128 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FS9 – Fragmentação de áreas com agricultura.

Mapa da superfície de custo:

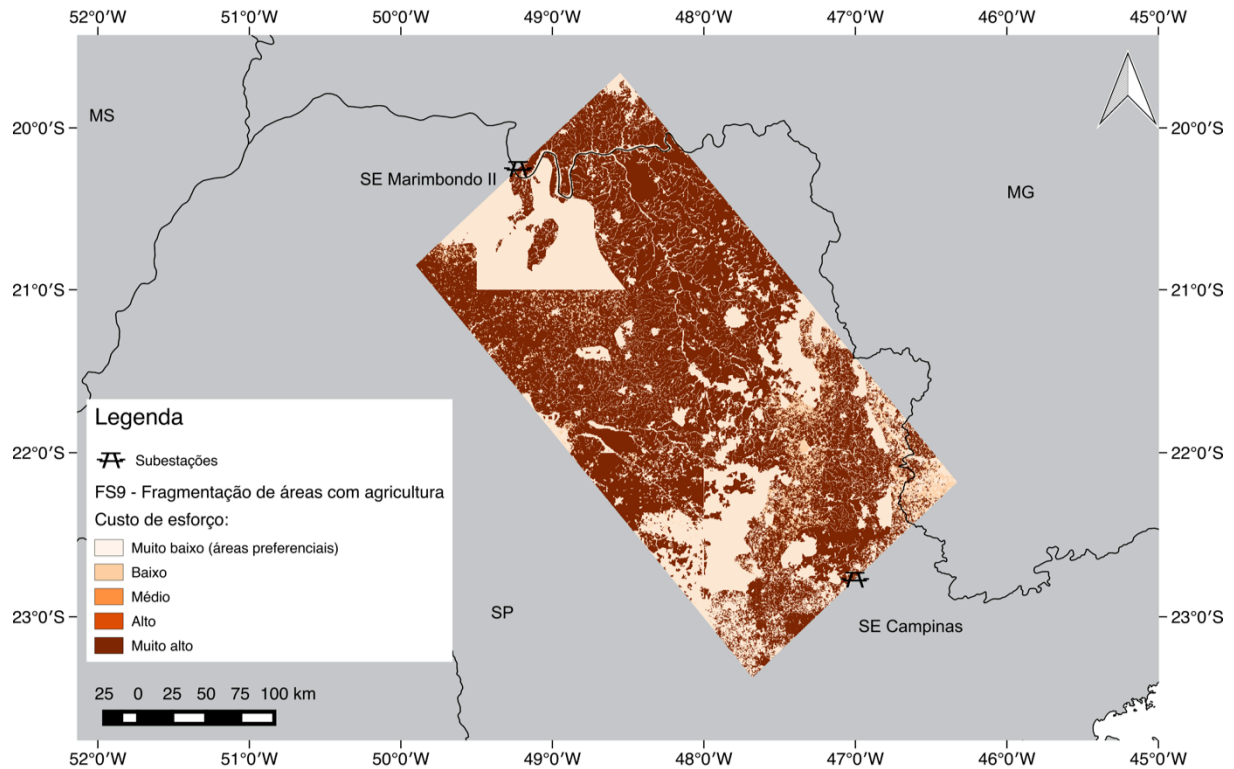


Figura 129 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FS9 – Fragmentação de áreas com agricultura.

- **FE1 – Áreas que demandem a instalação de torres autoportantes ou o alteamento de torres**
Critério de influência: Repulsão – Evitar interferência em áreas que demandem a instalação de torres autoportantes ou o alteamento de torres.
Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial: Como para este fator definiu-se apenas 2 subcritérios, interfere ou não interfere, o AHP não se aplica. Assim, a classificação da superfície de custo foi executada segundo os valores de pós-equalização.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

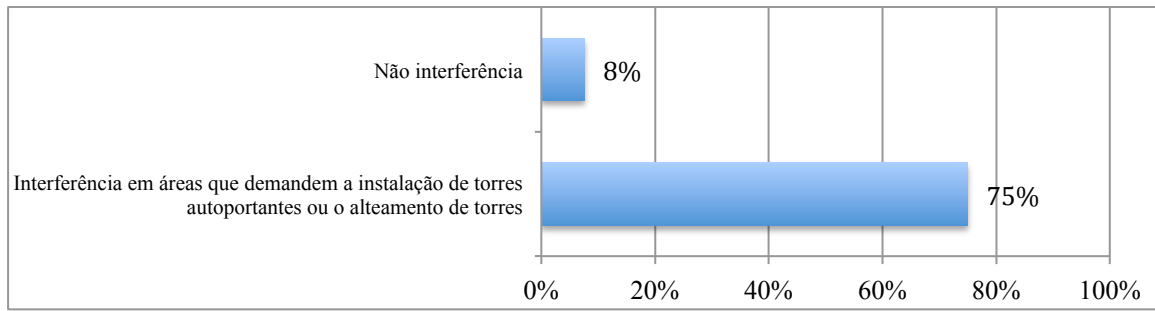


Figura 130 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE1 – Áreas que demandem a instalação de torres autoportantes ou o alteamento de torres

Mapa da superfície de custo:

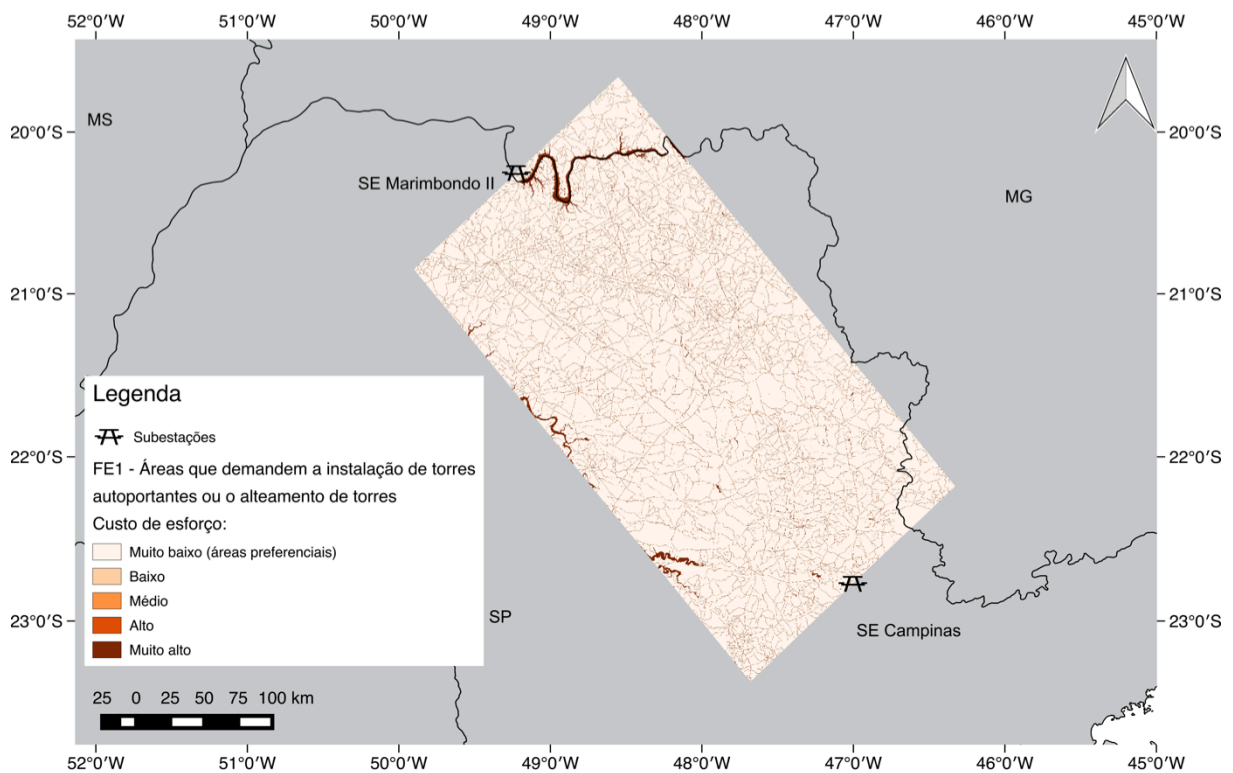


Figura 131 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FE1 – Áreas que demandem a instalação de torres autoportante ou o alteamento de torres.

- **FE2 – Áreas alagáveis**

Critério de influência: Repulsão - Evitar interferências em áreas alagáveis.

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial: Como para este fator definiu-se apenas 2 subcritérios, interfere ou não interfere em áreas alagáveis, o AHP não se aplica. Assim, a classificação da superfície de custo foi executada segundo os valores de pós-equalização.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

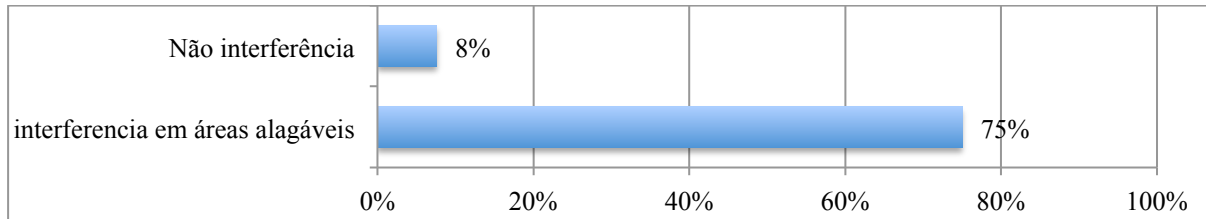


Figura 132 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE2 – Áreas alagáveis.

Mapa da superfície de custo:

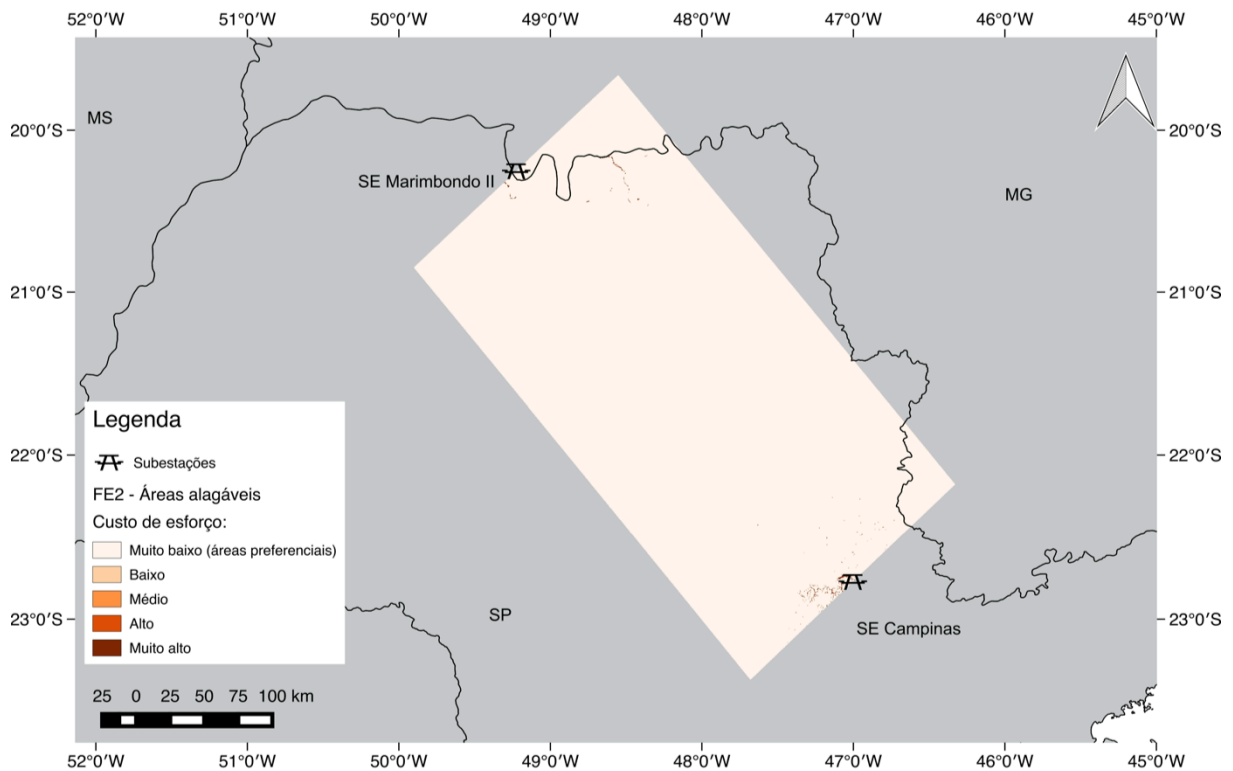


Figura 133 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FE2 – Áreas alagáveis.

- **FE3 – Declividade**

Critério de influência: Repulsão - Evitar interferência em áreas de relevo acidentado

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

FE3 - Declividade						
	Interferência em relevo plano (0 a 3%)	Interferência em relevo suave ondulado (3 a 8%)	Interferência em relevo ondulado (8 a 20%)	Interferência em relevo forte ondulado (20 a 45%)	Interferência em relevo Montanhoso (45 a 75%)	Interferência em relevo Escarpado (> 75%)
Interferência em relevo plano (0 a 3%)	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em relevo suave ondulado (3 a 8%)		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em relevo ondulado (8 a 20%)			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em relevo forte ondulado (20 a 45%)				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em relevo Montanhoso (45 a 75%)					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em relevo Escarpado (> 75%)					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 134 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FE3 – Declividade

Teste de consistência:

Step I - Matriz de pares							Step II - Matriz normalizada						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6		C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1,00	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11	C1	0,038	0,038	0,02	0,02	0,03	0,06
C2	1,00	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11	C2	0,038	0,038	0,02	0,02	0,03	0,06
C3	3,00	3,00	1,00	0,33	0,20	0,14	C3	0,115	0,115	0,06	0,03	0,04	0,08
C4	5,00	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20	C4	0,192	0,192	0,18	0,1	0,07	0,11
C5	7,00	7,00	5,00	3,00	1,00	0,33	C5	0,269	0,269	0,3	0,31	0,21	0,18
C6	9,00	9,00	7,00	5,00	3,00	1,00	C6	0,346	0,346	0,42	0,51	0,62	0,53

Step III - Matriz de pesos

0,03
0,03
0,07
0,14
0,25
0,46

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistênc ia (VC)	Média do VC	Índice de consistênc ia (IC)	Taxa:
0,2089707	6,09707	6,2824	0,05647708	0,05
0,2089707	6,09707			
0,4431136	6,018268			
0,8814338	6,281924			
1,6780595	6,58159			
3,061328	6,618392			

Figura 135 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FE3 – Declividade

Análise de sensibilidade (pré-equalização):

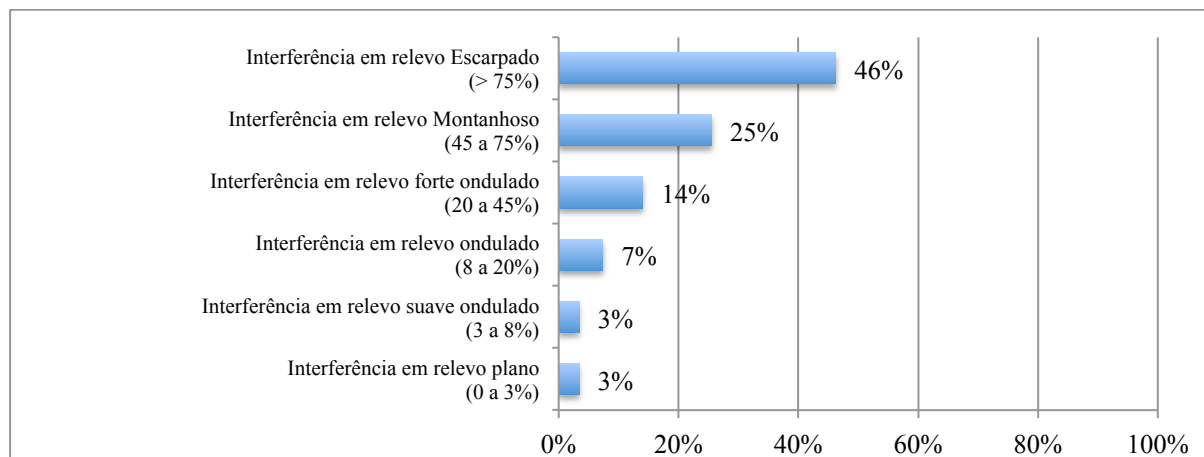


Figura 136 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE3 – Declividade.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

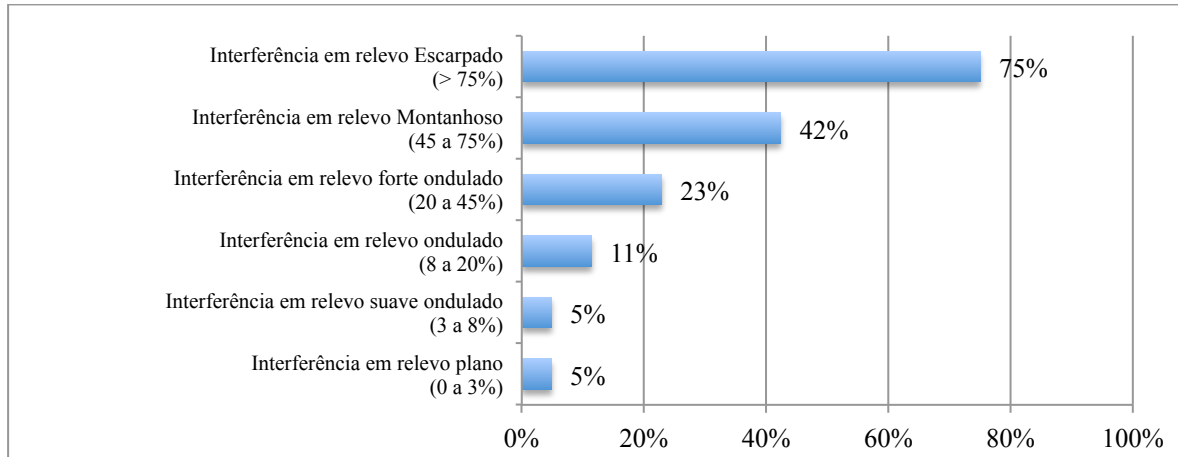


Figura 137 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE3 – Declividade.

Mapa da superfície de custo:

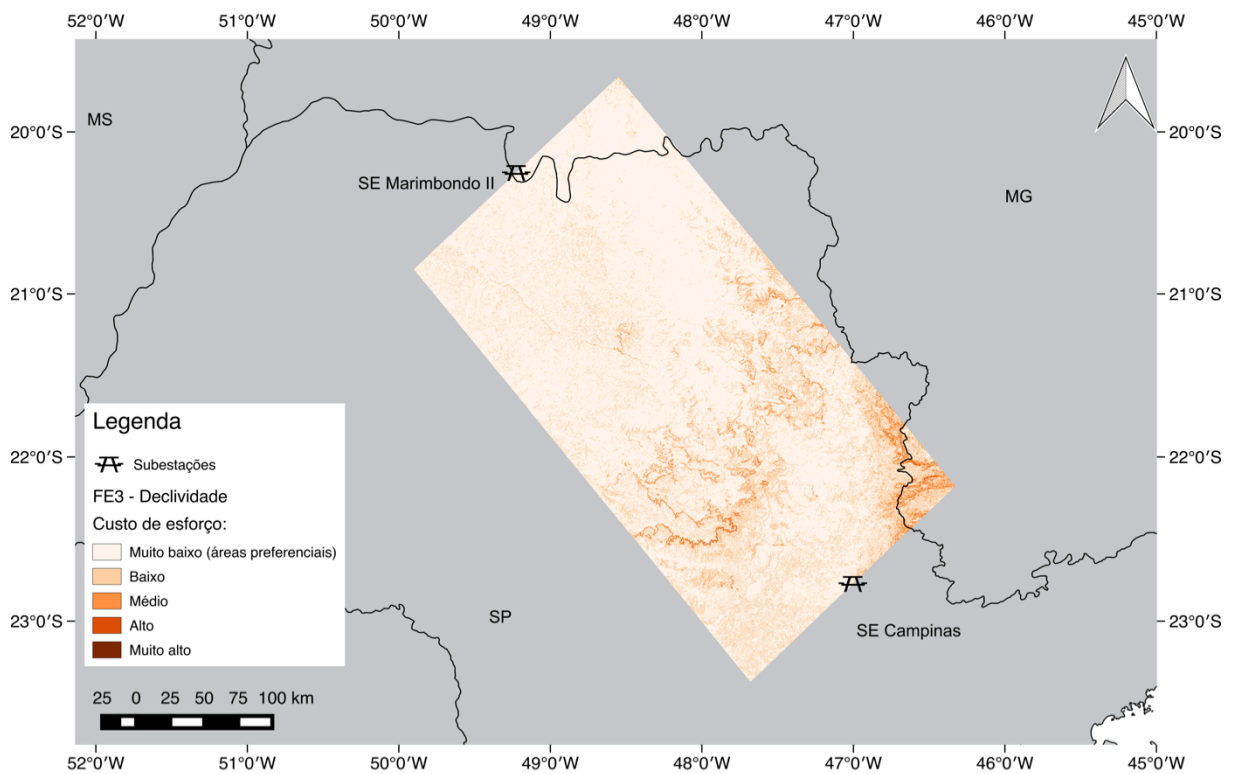


Figura 138 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do fator FE3 – Declividade.

- FE4 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares**

Critério de influência: Atração - Prorizar proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existentes, minimizando abertura de acessos e impactos associados.

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial:

FE4 - Paralelismo com outros empreendimentos lineares						
	Interferência em Buffer de 1Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 1,5Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 2Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 2,5 a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em fora dos buffers a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Interferência em buffer de 100 metros a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente
Interferência em Buffer de 1Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 1,5Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 2Km a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente			Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 2,5 a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente				Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em fora dos buffers a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Interferência em buffer de 100 metros a partir da linha de referência do empreendimento linear pré-existente					Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios

Figura 139 – Matriz AHP resultante da classificação intrafatorial do fator FE4 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares

Teste de consistência:

Step I - Matriz de pares

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11	0,11
C2	3,00	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11
C3	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20	0,11
C4	7,00	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20
C5	9,00	7,00	5,00	3,00	1,00	0,20
C6	9,00	9,00	9,00	5,00	5,00	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	0,029	0,013	0,0108	0,015	0,016	0,064
C2	0,088	0,039	0,018	0,021	0,021	0,064
C3	0,147	0,118	0,054	0,034	0,029	0,064
C4	0,206	0,197	0,1619	0,103	0,049	0,115
C5	0,265	0,276	0,2698	0,31	0,147	0,115
C6	0,265	0,355	0,4856	0,517	0,737	0,577

Step III - Matriz de pesos

0,02
0,04
0,07
0,14
0,23
0,49

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,1534771	6,19701396	6,6185	0,12369545	0,1
0,2561526	6,11065277			
0,4709276	6,31474936			
0,9202421	6,62868386			
1,6341483	7,08669149			
3,6077741	7,37307218			

Figura 140 – Teste de consistência referente a classificação intrafatorial do fator FE4 –
Paralelismo com outros empreendimentos lineares

Análise de sensibilidade (pré-equalização):

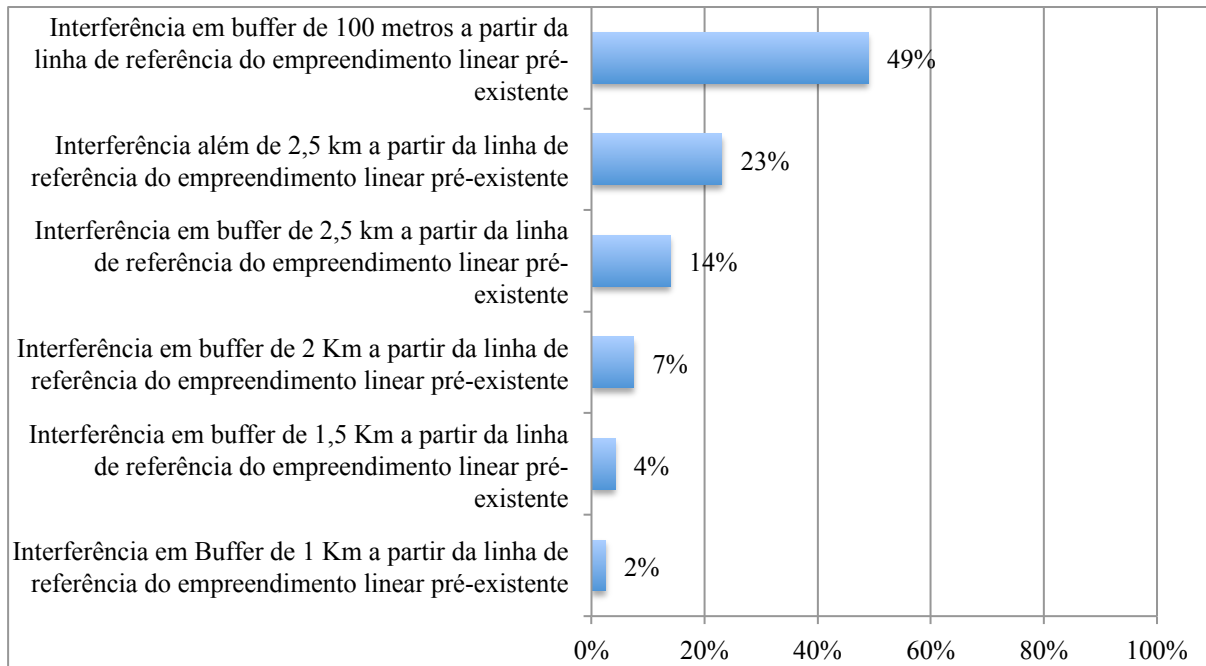


Figura 141 – Análise de sensibilidade (pré-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE4 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

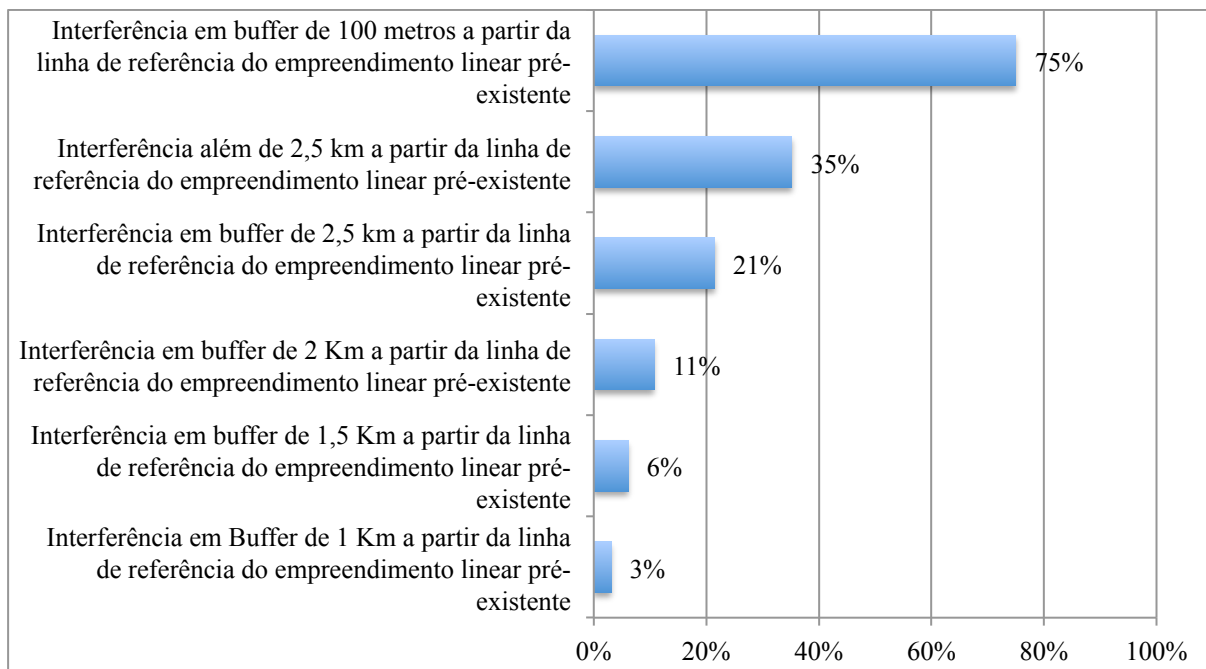


Figura 142 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE4 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.

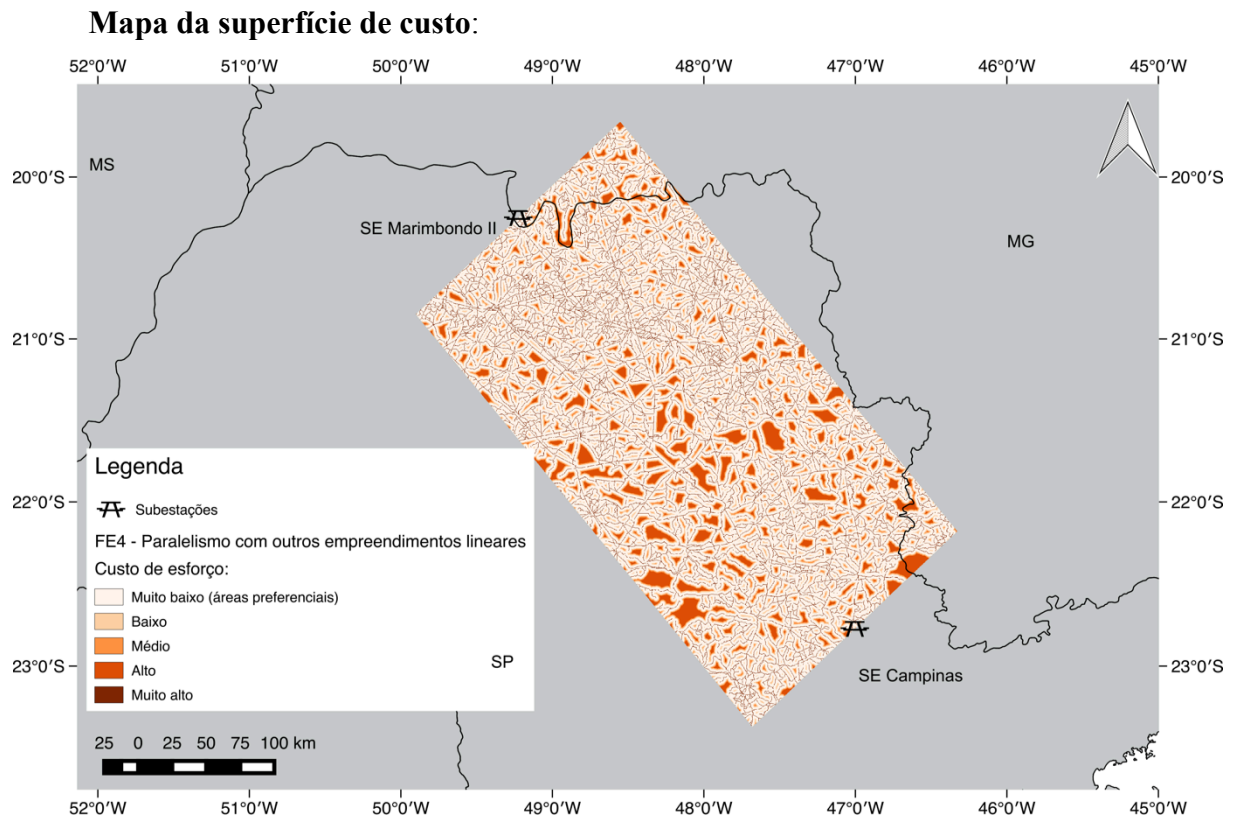


Figura 143 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FE4 – Paralelismo com outros empreendimentos lineares.

- **FE5 – Limpeza da faixa**

Critério de influência: Repulsão – Evitar interferência em áreas que demandem a limpeza da faixa.

Matriz AHP de ranqueamento intrafatorial: Como para este fator definiu-se apenas 2 subcritérios, interfere ou não interfere em áreas que demandem a limpeza da faixa, o AHP não se aplica. Assim, a classificação da superfície de custo foi executada segundo os valores de pós-equalização.

Análise de sensibilidade (pós-equalização):

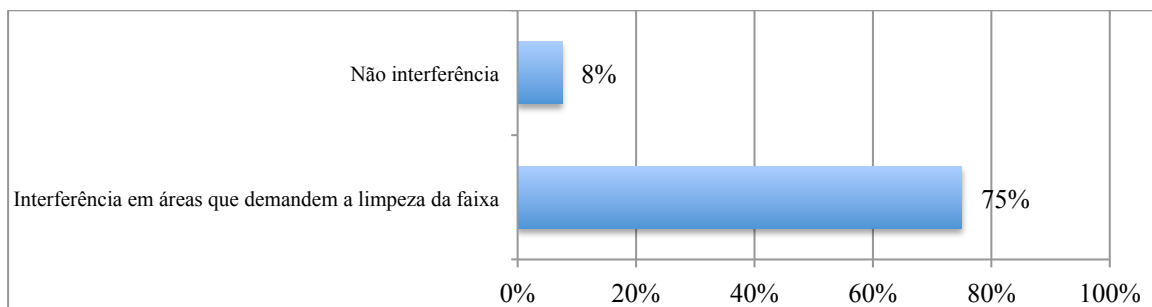


Figura 144 – Análise de sensibilidade (pós-equalização) referente a classificação intrafatorial do fator FE5 – Limpeza da faixa.

Mapa da superfície de custo:

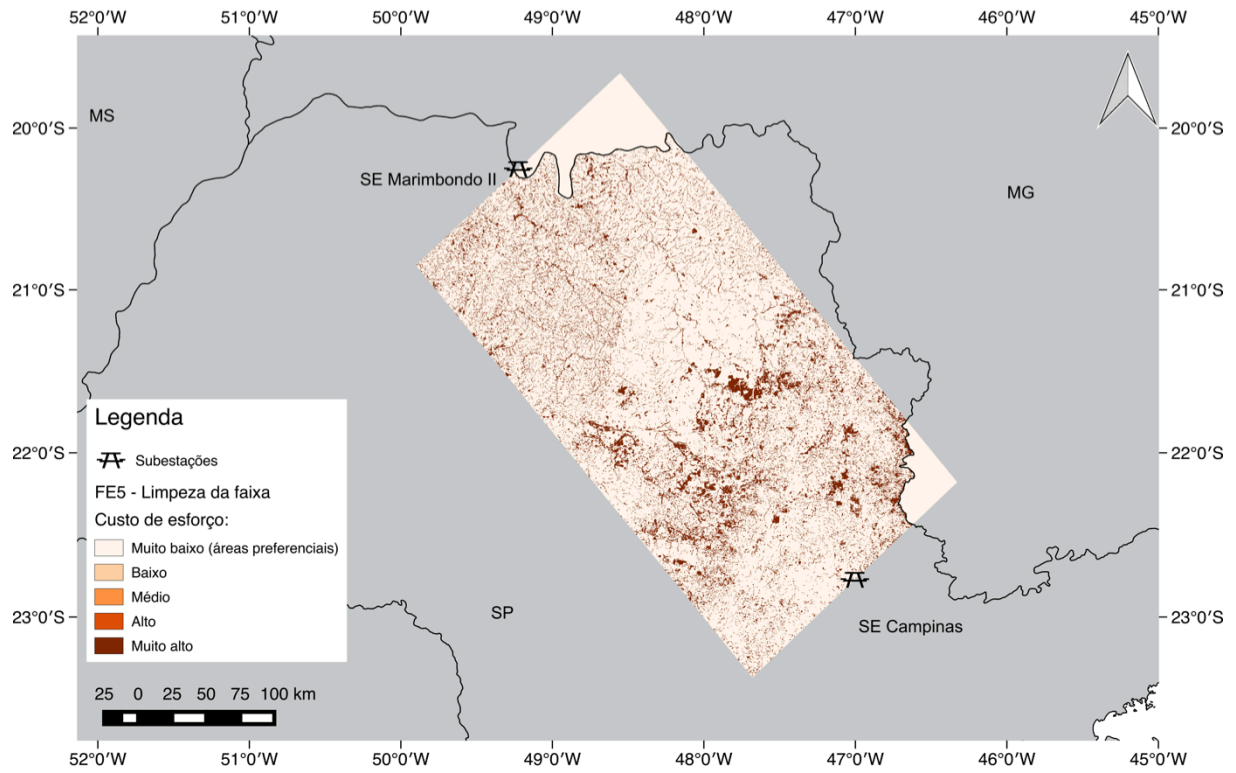


Figura 145 – Superfície de custo referente a classificação intrafatorial do FE5 – Limpeza da faixa.

Anexo B

Roteiro das consultas a especialista

1. Agradecer pelo apoio e disponibilidade de participação da pesquisa
2. Relembrar de forma sucinta o propósito da consulta no contexto da metodologia proposta para o estudo
3. Efetuar um teste simples de análise pareada através do AHP para treinamento e aprendizagem do método, que conforme ilustrado na figura 146 a seguir, simulou-se uma tomada de decisão quanto a compra de uma bicicleta considerando-se 3 critérios.

EXEMPLO - COMPRAR UMA BICICLETA			
Objetivo: Qual variável tem maior peso ou influencia na minha escolha?			
	Preço	Marca	Peso
Preço	Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios		
Marca		Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios	
Peso			

Lista de opções:
Peso 1 - mesmo nível de influência entre os 2 critérios
Peso 3 - Critério da LINHA um pouco mais influente SOBRE o da COLUNA
Peso 1/3 - Critério da COLUNA um pouco mais influente SOBRE o da LINHA
Peso 5 - critério da LINHA mais influente SOBRE o da COLUNA
Peso 1/5 - critério da COLUNA mais influente SOBRE o da LINHA
Peso 7 - Critério da LINHA muito mais influente SOBRE o da COLUNA
Peso 1/7 - Critério da COLUNA muito mais influente SOBRE o da LINHA
Peso 9 - Critério da LINHA absolutamente mais influente SOBRE o da COLUNA
Peso 1/9 - Critério da COLUNA absolutamente mais influente SOBRE o da LINHA

Figura 146 –Matriz AHP utilizada para treinamento e aprendizagem do método

4. Apresentar o estudo de caso objeto da modelagem, visto que supõem-se que o ranqueamento pode ser diferenciado para alguns critérios dependendo da região de estudo. Por exemplo, o critério áreas alagáveis pode ser classificado de forma diferente pelo mesmo especialista se o projeto se localizasse no pantanal, na Amazônia, no semi-árido nordestino, na região sul do país, etc.
5. Apresentar os 4 ranqueamentos que serão aplicados, passando ao especialista quais critérios estão sendo considerados e em quais grupos eles se encontram.
6. Efetuar a consulta propriamente dita, iniciando-se no ranqueamento inter-grupos, por envolver uma matriz de comparação 3x3, portanto mais fácil para compreender o teste de consistência executado pelo método. Em seguida, direcionar o especialista para o ranqueamento interfatorial do grupo de fatores econômicos, depois do grupo de fatores ambientais e por último o grupo de fatores sociais.
7. Após cada ranqueamento, obtendo-se consistência dos dados, apresentar ao especialista a análise de sensibilidade resultante da sua classificação, questionando-o sobre a sua coerência e se desejaria alterar alguma classificação.

Anexo C

Roteiro de entrevista semi-estruturada executada junto a especialista do EPE

- **Objetivos da Entrevista:**

1- Buscar respostas acerca a metodologia empregada pela EPE no estudo de corredores de LTs, em especial quais variáveis e critérios são utilizados;

2 – Solicitar os mapas de entrada do estudo de alternativas de corredores do estudo de caso selecionado para a pesquisa.

- **Técnica: Entrevista semi-estruturada:**

Por quê entrevista? Por se tratar de um conjunto de informações relacionados a fenômenos difíceis ou impossíveis de serem observados (no caso, como os profissionais da EPE executam o estudo de corredores e sobre a disponibilidade das informações que utilizaram no estudo de caso). Espera-se um relato dos fatos objetos da entrevista.

Por quê semi-estruturada? Utiliza questionamentos básicos, previamente definidos, que permite a formulação de perguntas abertas onde o entrevistado pode discorrer sobre o tema e também permite o entrevistador desenvolver questionamentos adicionais para esclarecimentos.

- **Macro-etapas:**

1 – Questionar sobre a possibilidade de gravação e interesse no anonimato e confidencialidade em relação a identidade pessoal do entrevistado;

2 – Apresentar os objetivos e características (técnica) da entrevista;

3 – Relembrar o contexto da pesquisa, com apoio de material visual (ppt);

4 – Iniciar o questionário.

- Questionário:

1 – Dados pessoais: Nome, Formação acadêmica, cargo, tempo no cargo e na empresa.

2 - Baseado na sua experiência, você poderia descrever a metodologia utilizada na EPE para o estudo de alternativas de corredores preferenciais de um novo projeto de LT?

Perguntas adicionais possíveis:

2ª – Diante da sua resposta, é correto afirmar que o estudo de corredores ocorre quando da realização do Relatório R1 e o detalhamento quando da realização do Relatório R3?

3 – Há a contemplação de mais de um alternativa de corredor? Quando?

3ª- Por que nem sempre são apresentadas no R1 ou R3?

4 - Os Relatórios R1 apresentam uma lista de especialistas e outros profissionais que de alguma forma, apoiaram tecnicamente a elaboração do Relatório (grupo de apoio técnico). Neste estágio (de R1), para a etapa de estudo de corredor (ou análise socioambiental) são consultados especialistas?

4ª – Há ou já houve algum outro tipo de consulta ao longo desta etapa (lembrar das apresentações recentes ao Ibama e a “terceirização do R3”).

5 – Em nossa pesquisa, o projeto escolhido como estudo de caso para a modelagem é a LT 500Kv Marimbondo II – Campinas e Subestações associadas, lote B do leilão nº 007/2013. Com base no respectivo Relatório R1, entende-se que os critérios considerados na delimitação dos corredores são aqueles listados abaixo. Existe(m) outro(s) critério(s) considerados nesta etapa?

!lembrar dos critérios enunciado na Portaria interministerial 221!

!atentar para diferenciar os critérios que hoje são considerados e aqueles que foram considerado no estudo de corredor do estudo de caso!

- não interferência com Terras Indígenas (TI);
- não interferência com Unidades de Conservação (UC) e suas zonas de amortecimento;
- não interferência com áreas urbanas e periurbanas;
- não interferência com projetos de assentamento do Incra (PAs);
- não interferência com áreas prioritárias para conservação da biodiversidade (APCBs);
- não interferência com cavernas;
- não interferência com áreas com vegetação nativa;

- não interferência com áreas alagáveis;
- não interferência com aeródromos;
- priorização de áreas em processo de antropização ou com acessos já abertos.

6 - Seria possível a disponibilização dos dados utilizados no estudo de corredor deste projeto, para fins de calibração e validação do modelo que estamos formulando (em especial, Mapa de áreas de interesse socioambiental e Mapa de cobertura vegetal e uso do solo)?

6^a - Caso sim, como devo proceder?

Anexo D - Consolidação AHP e teste de consistência referente aos resultados do cenário

1

- **Consolidação do AHP:** AIJ (agregação de julgamentos individuais) das matrizes AHP dos especialistas da EPE para construção da matriz AHP consolidada, que serviu como referência para o respectivo teste de consistência (apresentados em seguida) e análises de sensibilidade (apresentados no item de resultados da dissertação) do cenário 1 da modelagem.

Step I - Matriz de pares (Fatores Ambientais / Especialista 1)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	1,00	3,00	5,00	3,00	3,00	3,00	0,33	0,33
C2	1,00	1,00	3,00	5,00	3,00	3,00	3,00	0,33	0,33
C3	0,33	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,14	0,14
C4	0,20	0,20	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,14	0,14
C5	0,33	0,33	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
C6	0,33	0,33	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
C7	0,33	0,33	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
C8	3,00	3,00	7,00	7,00	5,00	5,00	5,00	1,00	0,33
C9	3,00	3,00	7,00	7,00	5,00	5,00	5,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores Ambientais / Especialista 2)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,14	1,00	1,00	5,00	3,00	0,33	0,33	0,20
C2	7,00	1,00	7,00	5,00	5,00	7,00	3,00	1,00	0,33
C3	1,00	0,14	1,00	0,20	3,00	0,33	0,20	0,20	0,14
C4	1,00	0,20	5,00	1,00	7,00	3,00	1,00	1,00	0,20
C5	0,20	0,20	0,33	0,14	1,00	1,00	0,33	0,20	0,20
C6	0,33	0,14	3,00	0,33	1,00	1,00	0,20	0,20	0,11
C7	3,00	0,33	5,00	1,00	3,00	5,00	1,00	1,00	0,20
C8	3,00	1,00	5,00	1,00	5,00	5,00	1,00	1,00	0,20
C9	5,00	3,00	7,00	5,00	5,00	9,00	5,00	5,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores Ambientais / Especialista 3)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,14	3,00	0,20	5,00	3,00	0,20	0,20	0,14
C2	7,00	1,00	7,00	3,00	9,00	5,00	3,00	5,00	1,00
C3	0,33	0,14	1,00	0,20	3,00	1,00	0,20	0,20	0,14
C4	5,00	0,33	5,00	1,00	9,00	7,00	3,00	3,00	1,00
C5	0,20	0,11	0,33	0,11	1,00	1,00	0,14	0,14	0,11
C6	0,33	0,20	1,00	0,14	1,00	1,00	0,20	0,20	0,14
C7	5,00	0,33	5,00	0,33	7,00	5,00	1,00	1,00	0,20
C8	5,00	0,20	5,00	0,33	7,00	5,00	1,00	1,00	0,20
C9	7,00	1,00	7,00	1,00	9,00	7,00	5,00	5,00	1,00

Step I - Matriz de pares Consolidada (AIJ) (fatores ambientais)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,27	2,08	1,00	4,22	3,00	0,58	0,28	0,21
C2	3,66	1,00	5,28	4,22	5,13	4,72	3,00	1,19	0,48
C3	0,48	0,19	1,00	0,34	1,44	0,48	0,24	0,18	0,14
C4	1,00	0,24	2,92	1,00	2,76	1,91	1,00	0,75	0,31
C5	0,24	0,19	0,69	0,36	1,00	1,00	0,36	0,18	0,16
C6	0,33	0,21	2,08	0,52	1,00	1,00	0,34	0,20	0,15
C7	1,71	0,33	4,22	1,00	2,76	2,92	1,00	0,58	0,20
C8	3,56	0,84	5,59	1,33	5,59	5,00	1,71	1,00	0,24
C9	4,72	2,08	7,00	3,27	6,08	6,80	5,00	4,22	1,00

Figura 147 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP de referência utilizada na modelagem do cenário 1: fatores ambientais

Step I - Matriz de pares (Fatores sociais / Especialista 1)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	1,00	0,33	0,20	3,00	0,33	0,33	0,20	0,20
C2	1,00	1,00	0,33	0,20	3,00	0,33	0,33	0,20	0,20
C3	3,00	3,00	1,00	0,33	5,00	1,00	1,00	0,33	0,33
C4	5,00	5,00	3,00	1,00	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00
C5	0,33	0,33	0,20	0,14	1,00	0,20	0,20	0,14	0,14
C6	3,00	3,00	1,00	0,33	5,00	1,00	1,00	0,33	0,33
C7	3,00	3,00	1,00	0,33	5,00	1,00	1,00	0,33	0,33
C8	5,00	5,00	3,00	1,00	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00
C9	5,00	5,00	3,00	1,00	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores sociais / Especialista 2)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	0,11	0,14	0,11
C2	3,00	1,00	3,00	0,33	3,00	5,00	0,14	0,20	0,11
C3	3,00	0,33	1,00	0,33	3,00	5,00	0,14	0,20	0,11
C4	3,00	3,00	3,00	1,00	5,00	5,00	0,20	0,33	0,11
C5	1,00	0,33	0,33	0,20	1,00	1,00	0,14	0,14	0,11
C6	1,00	0,20	0,20	0,20	1,00	1,00	0,14	0,14	0,11
C7	9,00	7,00	7,00	5,00	7,00	7,00	1,00	5,00	0,33
C8	7,00	5,00	5,00	3,00	7,00	7,00	0,20	1,00	0,14
C9	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	3,00	7,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores sociais / Especialista 3)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	3,00	3,00	0,14	5,00	5,00	0,14	0,20	0,11
C2	0,33	1,00	0,33	0,11	1,00	1,00	0,11	0,14	0,11
C3	0,33	3,00	1,00	0,11	1,00	3,00	0,11	0,14	0,11
C4	7,00	9,00	9,00	1,00	9,00	9,00	3,00	5,00	0,33

C5	0,20	1,00	1,00	0,11	1,00	3,00	0,11	0,11	0,11
C6	0,20	1,00	0,33	0,11	0,33	1,00	0,11	0,11	0,11
C7	7,00	9,00	9,00	0,33	9,00	9,00	1,00	1,00	0,33
C8	5,00	7,00	7,00	0,20	9,00	9,00	1,00	1,00	0,33
C9	9,00	9,00	9,00	3,00	9,00	9,00	3,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares Consolidada (AIJ) (fatores sociais)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	1,00	0,69	0,21	2,47	1,19	0,17	0,18	0,14
C2	1,00	1,00	0,69	0,19	2,08	1,19	0,17	0,18	0,14
C3	1,44	1,44	1,00	0,23	2,47	2,47	0,25	0,21	0,16
C4	4,72	5,13	4,33	1,00	6,80	5,13	1,22	1,19	0,33
C5	0,41	0,48	0,41	0,15	1,00	0,84	0,15	0,13	0,12
C6	0,84	0,84	0,41	0,19	1,19	1,00	0,25	0,17	0,16
C7	5,74	5,74	3,98	0,82	6,80	3,98	1,00	1,19	0,33
C8	5,59	5,59	4,72	0,84	7,61	5,74	0,84	1,00	0,36
C9	7,40	7,40	6,24	3,00	8,28	6,24	3,00	2,76	1,00

Figura 148 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP de referência utilizada na modelagem do cenário 1: fatores sociais

Step I - Matriz de pares (Fatores econômicos / Especialista 1)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	1,00	5,00	3,00	0,33
C2	1,00	1,00	5,00	3,00	0,33
C3	0,20	0,20	1,00	0,33	0,14
C4	0,33	0,33	3,00	1,00	0,20
C5	3,00	3,00	7,00	5,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores econômicos / Especialista 2)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00
C2	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00
C3	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00
C4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33
C5	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores econômicos / Especialista 3)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	0,33	3,00	3,00	3,00
C2	3,00	1,00	3,00	3,00	5,00
C3	0,33	0,33	1,00	1,00	0,33
C4	0,33	0,33	1,00	1,00	0,33
C5	0,33	0,20	3,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares consolidada (AIJ) (Fatores econômicos)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	0,69	3,56	2,08	1,00
C2	1,44	1,00	3,56	2,08	1,19
C3	0,28	0,28	1,00	0,69	0,36
C4	0,48	0,48	1,44	1,00	0,28
C5	1,00	0,84	2,76	3,56	1,00

Figura 149 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP de referência utilizada na modelagem do cenário 1: fatores econômicos

Step I - Matriz de pares (Inter-grupos / Especialista 1)

	C1	C2	C3
C1	1,00	3,00	3,00
C2	0,33	1,00	1,00
C3	0,33	1,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Inter-grupos / Especialista 2)

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,33	0,20
C2	3,00	1,00	1,00
C3	5,00	1,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Inter-grupos / Especialista 3)

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,33	0,33
C2	3,00	1,00	1,00
C3	3,00	1,00	1,00

Step I - Matriz de pares Consolidada (AIJ) (Inter-grupos)

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,69	0,58
C2	1,44	1,00	1,00
C3	1,71	1,00	1,00

Figura 150 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP de referência utilizada na modelagem do cenário 1: Inter-grupos de fatores

- **Testes de consistência**

Step I - Matriz de pares Consolidada (AIJ) (fatores ambientais)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,27	2,08	1,00	4,22	3,00	0,58	0,28	0,21
C2	3,66	1,00	5,28	4,22	5,13	4,72	3,00	1,19	0,48
C3	0,48	0,19	1,00	0,34	1,44	0,48	0,24	0,18	0,14
C4	1,00	0,24	2,92	1,00	2,76	1,91	1,00	0,75	0,31
C5	0,24	0,19	0,69	0,36	1,00	1,00	0,36	0,18	0,16
C6	0,33	0,21	2,08	0,52	1,00	1,00	0,34	0,20	0,15
C7	1,71	0,33	4,22	1,00	2,76	2,92	1,00	0,58	0,20
C8	3,56	0,84	5,59	1,33	5,59	5,00	1,71	1,00	0,24
C9	4,72	2,08	7,00	3,27	6,08	6,80	5,00	4,22	1,00

Step II - Matriz normalizada (fatores ambientais)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,06	0,05	0,07	0,08	0,14	0,11	0,04	0,03	0,07
C2	0,22	0,19	0,17	0,32	0,17	0,18	0,23	0,14	0,17
C3	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,02	0,02	0,02	0,05
C4	0,06	0,04	0,09	0,08	0,09	0,07	0,08	0,09	0,11
C5	0,01	0,04	0,02	0,03	0,03	0,04	0,03	0,02	0,06
C6	0,02	0,04	0,07	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,05
C7	0,10	0,06	0,14	0,08	0,09	0,11	0,08	0,07	0,07
C8	0,21	0,16	0,18	0,10	0,19	0,19	0,13	0,12	0,08
C9	0,28	0,39	0,23	0,25	0,20	0,25	0,38	0,49	0,35

Step III - Matriz de pesos (fatores ambientais)

0,07
0,20
0,03
0,08
0,03
0,04
0,09
0,15
0,31

Step IV - Taxa de Consistência (Fatores ambientais)

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,6719822	9,196246661	9,410377433	0,051297179	0,04
1,8865681	9,549394507			
0,2850948	9,264863873			
0,7422486	9,435138859			
0,2842124	9,250078344			
0,3458162	9,219684307			

0,8322878	9,46076289			
1,4375493	9,556355723			
3,0580274	9,760871731			

Figura 151 –Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a modelagem do cenário 1: Fatores ambientais

Step I - Matriz de pares Consolidada (AIJ) (fatores sociais)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	1,00	0,69	0,21	2,47	1,19	0,17	0,18	0,14
C2	1,00	1,00	0,69	0,19	2,08	1,19	0,17	0,18	0,14
C3	1,44	1,44	1,00	0,23	2,47	2,47	0,25	0,21	0,16
C4	4,72	5,13	4,33	1,00	6,80	5,13	1,22	1,19	0,33
C5	0,41	0,48	0,41	0,15	1,00	0,84	0,15	0,13	0,12
C6	0,84	0,84	0,41	0,19	1,19	1,00	0,25	0,17	0,16
C7	5,74	5,74	3,98	0,82	6,80	3,98	1,00	1,19	0,33
C8	5,59	5,59	4,72	0,84	7,61	5,74	0,84	1,00	0,36
C9	7,40	7,40	6,24	3,00	8,28	6,24	3,00	2,76	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,04	0,03	0,03	0,03	0,06	0,04	0,02	0,03	0,05
C2	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04	0,02	0,03	0,05
C3	0,05	0,05	0,04	0,03	0,06	0,09	0,04	0,03	0,06
C4	0,17	0,18	0,19	0,15	0,18	0,18	0,17	0,17	0,12
C5	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04
C6	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,06
C7	0,20	0,20	0,18	0,12	0,18	0,14	0,14	0,17	0,12
C8	0,20	0,20	0,21	0,13	0,20	0,21	0,12	0,14	0,13
C9	0,26	0,26	0,28	0,45	0,21	0,22	0,43	0,39	0,36

Step III - Matriz de pesos

0,04
0,04
0,05
0,17
0,02
0,03
0,16
0,17
0,32

Step IV - Taxa de Consistência				
Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,3430408	9,102180608	9,249138019	0,031142252	0,02
0,3311127	9,123018214			
0,4623095	9,088366615			
1,5834111	9,414155027			
0,2136318	9,101582053			
0,2975747	9,158518857			
1,5239476	9,41390757			
1,5829084	9,317397781			
3,0399839	9,523115443			

Figura 152 – Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a modelagem do cenário 1: Fatores sociais

Step I - Matriz de pares consolidada (AIJ) (Fatores econômicos)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	0,69	3,56	2,08	1,00
C2	1,44	1,00	3,56	2,08	1,19
C3	0,28	0,28	1,00	0,69	0,36
C4	0,48	0,48	1,44	1,00	0,28
C5	1,00	0,84	2,76	3,56	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0,24	0,21	0,29	0,22	0,26
C2	0,34	0,30	0,29	0,22	0,31
C3	0,07	0,09	0,08	0,07	0,09
C4	0,11	0,15	0,12	0,11	0,07
C5	0,24	0,26	0,22	0,38	0,26

Step III - Matriz de pesos

0,24
0,29
0,08
0,11
0,27

Step IV - Taxa de Consistência				
Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
1,235800008	5,068618728	5,065002071	0,016250518	0,014509391
1,483883791	5,062035745			
0,406864741	5,065037242			
0,561657347	5,042799823			
1,380176764	5,086518816			

Figura 153 –Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a modelagem do cenário 1: Fatores econômicos

Step I - Matriz de pares Consolidada (AIJ) (Inter-grupos)

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,69	0,58
C2	1,44	1,00	1,00
C3	1,71	1,00	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3
C1	0,24	0,26	0,23
C2	0,35	0,37	0,39
C3	0,41	0,37	0,39

Step III - Matriz de pesos

0,24
0,37
0,39

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,725079214	3,002336426	3,003222516	0,001611258	0,003
1,106805476	3,003532838			
1,17146273	3,003798284			

Figura 154 –Sequenciamento de matrizes do teste de consistência referente a modelagem do cenário 1: Intergrupos

Anexo E - Consolidação AHP e teste de consistência referente aos resultados do cenário

2

- **Consolidação do AHP de cada entidade (AIJ):** Conforme exposto na metodologia a consolidação AHP para este cenário envolveu a agregação de julgamentos individuais (AIJ) das matrizes AHP dos especialistas de cada entidade e posterior agregação de prioridades individuais (AIP) entre as matrizes consolidadas. Visto que as matrizes consolidadas da EPE foram apresentadas no Anexo D, elas não estão rerepresentadas neste item. Considerando que apenas 1 analista da ANEEL foi consultado, é apresentada a matriz resultante desta consulta.

Step I - Matriz de pares (Fatores ambientais / Especialista 1 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,20	0,20	0,33	0,11	0,14	0,20	0,14	0,11
C2	5,00	1,00	0,33	1,00	0,14	0,20	1,00	0,33	0,14
C3	5,00	3,00	1,00	3,00	0,14	0,33	3,00	0,33	0,20
C4	3,00	1,00	0,33	1,00	0,14	0,20	1,00	0,33	0,20
C5	9,00	7,00	7,00	7,00	1,00	3,00	7,00	5,00	0,33
C6	7,00	5,00	3,00	5,00	0,33	1,00	5,00	3,00	0,33
C7	5,00	1,00	0,33	1,00	0,14	0,20	1,00	0,33	0,20
C8	7,00	3,00	3,00	3,00	0,20	0,33	3,00	1,00	0,20
C9	9,00	7,00	5,00	5,00	3,00	3,00	5,00	5,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores ambientais / Especialista 2 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,14	0,33	0,20	0,33	0,20	0,14	0,20	0,11
C2	7,00	1,00	5,00	5,00	5,00	3,00	5,00	5,00	0,33
C3	3,00	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,20	0,20
C4	5,00	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,20
C5	3,00	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,20	0,20
C6	5,00	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,20	0,20
C7	7,00	0,20	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	0,33
C8	5,00	0,20	5,00	3,00	5,00	5,00	1,00	1,00	0,33
C9	9,00	3,00	5,00	5,00	5,00	5,00	3,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores ambientais / Especialista 3 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,33	0,33	0,33	0,14	3,00	3,00	0,20	0,14
C2	3,00	1,00	1,00	1,00	0,20	5,00	5,00	0,33	0,20
C3	3,00	1,00	1,00	1,00	0,20	5,00	5,00	0,33	0,20
C4	3,00	1,00	1,00	1,00	0,20	5,00	5,00	0,33	0,20
C5	7,00	5,00	5,00	5,00	1,00	9,00	9,00	3,00	1,00
C6	0,33	0,20	0,20	0,20	0,11	1,00	1,00	0,14	0,11
C7	0,33	0,20	0,20	0,20	0,11	1,00	1,00	0,14	0,11
C8	5,00	3,00	3,00	3,00	0,33	7,00	7,00	1,00	0,33
C9	7,00	5,00	5,00	5,00	1,00	9,00	9,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores ambientais / Especialista 4 / IBAMA)

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
----	----	----	----	----	----	----	----	----

C1	1,00	0,20	3,00	0,20	3,00	0,20	0,20	0,20	0,14
C2	5,00	1,00	3,00	1,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,33
C3	0,33	0,33	1,00	0,20	1,00	0,20	0,20	0,20	0,14
C4	5,00	1,00	5,00	1,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,33
C5	0,33	0,20	1,00	0,20	1,00	0,20	0,20	0,20	0,14
C6	5,00	1,00	5,00	1,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,33
C7	5,00	1,00	5,00	1,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,33
C8	5,00	1,00	5,00	1,00	5,00	1,00	1,00	1,00	0,33
C9	7,00	3,00	7,00	3,00	7,00	3,00	3,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores ambientais / Especialista 5 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,14	0,20	0,20	3,00	3,00	0,11	0,14	0,11
C2	7,00	1,00	3,00	3,00	9,00	9,00	0,33	1,00	0,33
C3	5,00	0,33	1,00	1,00	5,00	5,00	0,20	0,33	0,20
C4	5,00	0,33	1,00	1,00	5,00	5,00	0,20	0,33	0,20
C5	0,33	0,11	0,20	0,20	1,00	1,00	0,11	0,14	0,11
C6	0,33	0,11	0,20	0,20	1,00	1,00	0,11	0,14	0,11
C7	9,00	3,00	5,00	5,00	9,00	9,00	1,00	3,00	1,00
C8	7,00	1,00	3,00	3,00	7,00	7,00	0,33	1,00	0,33
C9	9,00	3,00	5,00	5,00	9,00	9,00	1,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores ambientais / Especialista 6 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,14	3,00	0,20	0,33	0,14	0,14	0,14	0,20
C2	7,00	1,00	7,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	3,00
C3	0,33	0,14	1,00	0,14	0,14	0,11	0,11	0,11	0,14
C4	5,00	0,33	7,00	1,00	3,00	0,33	0,33	0,33	1,00
C5	3,00	0,20	7,00	0,33	1,00	0,20	0,20	0,20	0,33
C6	7,00	1,00	9,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	3,00
C7	7,00	1,00	9,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	3,00
C8	7,00	1,00	9,00	3,00	5,00	1,00	1,00	1,00	3,00
C9	5,00	0,33	7,00	1,00	3,00	0,33	0,33	0,33	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores ambientais / Especialista 7 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	5,00	7,00	7,00	7,00	7,00	9,00	9,00	7,00
C2	0,20	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00	5,00	3,00
C3	0,14	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	1,00
C4	0,14	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	1,00
C5	0,14	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	1,00
C6	0,14	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	1,00
C7	0,11	0,20	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	0,33
C8	0,11	0,20	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	0,33
C9	0,14	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares Consolidada IBAMA (AIJ) (Fatores ambientais)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,29	0,83	0,38	0,73	0,65	0,42	0,30	0,23

C2	3,39	1,00	2,27	2,02	1,92	1,87	1,70	1,16	0,51
C3	1,20	0,44	1,00	0,70	0,57	0,79	0,68	0,34	0,23
C4	2,60	0,50	1,42	1,00	1,12	1,08	0,85	0,53	0,34
C5	1,37	0,52	1,74	0,90	1,00	1,01	0,83	0,65	0,32
C6	1,53	0,53	1,27	0,93	0,99	1,00	0,92	0,62	0,36
C7	2,36	0,59	1,47	1,17	1,20	1,09	1,00	0,76	0,42
C8	3,35	0,86	2,97	1,87	1,53	1,60	1,32	1,00	0,42
C9	4,26	1,94	4,37	2,93	3,11	2,76	2,36	2,36	1,00

Figura 155 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: fatores ambientais

Step I - Matriz de pares (Fatores sociais / Especialista 1 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,33	0,11	0,20	0,33	0,20	0,14	0,11	0,11
C2	3,00	1,00	0,14	0,33	1,00	0,33	0,14	0,14	0,14
C3	9,00	7,00	1,00	5,00	7,00	5,00	3,00	1,00	1,00
C4	5,00	3,00	0,20	1,00	3,00	1,00	0,20	0,20	0,20
C5	3,00	1,00	0,14	0,33	1,00	0,20	0,14	0,14	0,14
C6	5,00	3,00	0,20	1,00	5,00	1,00	0,33	0,33	0,33
C7	7,00	7,00	0,33	5,00	7,00	3,00	1,00	0,33	0,33
C8	9,00	7,00	1,00	5,00	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00
C9	9,00	7,00	1,00	5,00	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores sociais / Especialista 2 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,33	0,20	0,14	0,11	0,20	0,11	0,14	0,11
C2	3,00	1,00	0,33	0,20	0,20	1,00	0,14	0,33	0,14
C3	5,00	3,00	1,00	0,33	0,20	3,00	0,14	0,33	0,20
C4	7,00	5,00	3,00	1,00	0,33	3,00	0,33	0,33	0,33
C5	9,00	5,00	5,00	3,00	1,00	5,00	1,00	3,00	0,33
C6	5,00	1,00	0,33	0,33	0,20	1,00	0,20	0,33	0,14
C7	9,00	7,00	7,00	3,00	1,00	5,00	1,00	3,00	0,33
C8	7,00	3,00	3,00	3,00	0,33	3,00	0,33	1,00	0,33
C9	9,00	7,00	5,00	3,00	3,00	7,00	3,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores sociais / Especialista 3 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	1,00	0,33	0,20	3,00	0,33	0,33	0,20	0,20
C2	1,00	1,00	0,33	0,20	3,00	0,33	0,33	0,20	0,20
C3	3,00	3,00	1,00	0,33	5,00	1,00	1,00	0,33	0,33
C4	5,00	5,00	3,00	1,00	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00
C5	0,33	0,33	0,20	0,14	1,00	0,20	0,20	0,14	0,14
C6	3,00	3,00	1,00	0,33	5,00	1,00	1,00	0,33	0,33
C7	3,00	3,00	1,00	0,33	5,00	1,00	1,00	0,33	0,33

C8	5,00	5,00	3,00	1,00	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00
C9	5,00	5,00	3,00	1,00	7,00	3,00	3,00	1,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores sociais / Especialista 4 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	5,00	5,00	1,00	3,00	5,00	1,00	5,00	3,00
C2	0,20	1,00	1,00	0,20	0,33	0,33	0,20	1,00	0,33
C3	0,20	1,00	1,00	0,20	0,33	0,33	0,20	1,00	0,33
C4	1,00	5,00	5,00	1,00	3,00	5,00	1,00	5,00	3,00
C5	0,33	3,00	3,00	0,33	1,00	3,00	0,33	3,00	0,33
C6	0,20	3,00	3,00	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	0,33
C7	1,00	5,00	5,00	1,00	3,00	5,00	1,00	5,00	1,00
C8	0,20	1,00	1,00	0,20	0,33	3,00	0,20	1,00	0,33
C9	0,33	3,00	3,00	0,33	3,00	3,00	1,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores sociais / Especialista 5 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	3,00	3,00	0,14	3,00	0,20	0,14	3,00	0,14
C2	0,33	1,00	1,00	0,11	1,00	0,14	0,11	1,00	0,11
C3	0,33	1,00	1,00	0,11	1,00	0,14	0,11	1,00	0,11
C4	7,00	9,00	9,00	1,00	9,00	5,00	1,00	9,00	3,00
C5	0,33	1,00	1,00	0,11	1,00	0,14	0,11	3,00	0,11
C6	5,00	7,00	7,00	0,20	7,00	1,00	0,20	7,00	0,20
C7	7,00	9,00	9,00	1,00	9,00	5,00	1,00	9,00	1,00
C8	0,33	1,00	1,00	0,11	0,33	0,14	0,11	1,00	0,11
C9	7,00	9,00	9,00	0,33	9,00	5,00	1,00	9,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores sociais / Especialista 6 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	3,00	5,00	1,00	5,00	5,00	0,20	5,00	1,00
C2	0,33	1,00	3,00	0,33	3,00	3,00	0,14	3,00	0,33
C3	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	0,11	0,33	0,11
C4	1,00	3,00	5,00	1,00	5,00	5,00	0,20	5,00	0,33
C5	0,20	0,33	3,00	0,20	1,00	3,00	0,14	3,00	0,20
C6	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	1,00	0,11	0,20	0,11
C7	5,00	7,00	9,00	5,00	7,00	9,00	1,00	7,00	3,00
C8	0,20	0,33	3,00	0,20	0,33	5,00	0,14	1,00	0,14
C9	1,00	3,00	9,00	3,00	5,00	9,00	0,33	7,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Fatores sociais / Especialista 7 / IBAMA)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	5,00	0,20	0,14	0,33	0,14	0,20	0,14	0,14
C2	0,20	1,00	0,14	0,11	0,20	0,11	0,14	0,11	0,11
C3	5,00	7,00	1,00	0,33	3,00	0,33	1,00	0,33	0,33
C4	7,00	9,00	3,00	1,00	5,00	1,00	3,00	1,00	3,00
C5	3,00	5,00	0,33	0,20	1,00	0,20	0,33	0,20	0,20
C6	7,00	9,00	3,00	1,00	5,00	1,00	3,00	1,00	1,00
C7	5,00	7,00	1,00	0,33	3,00	0,33	1,00	0,33	0,33
C8	7,00	9,00	3,00	1,00	5,00	1,00	3,00	1,00	1,00

C9	7,00	9,00	3,00	0,33	5,00	1,00	3,00	1,00	1,00
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Step I - Matriz de pares Consolidada IBAMA (AIJ) (Fatores sociais)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	1,58	0,73	0,27	1,08	0,51	0,23	0,62	0,28
C2	0,63	1,00	0,49	0,20	0,74	0,40	0,16	0,44	0,18
C3	1,37	2,04	1,00	0,36	1,13	0,81	0,38	0,53	0,26
C4	3,65	5,11	2,76	1,00	3,35	2,73	0,74	1,47	0,93
C5	0,93	1,35	0,89	0,30	1,00	0,65	0,24	0,85	0,19
C6	1,94	2,47	1,23	0,37	1,53	1,00	0,37	0,56	0,27
C7	4,42	6,13	2,66	1,35	4,11	2,73	1,00	1,66	0,62
C8	1,62	2,27	1,87	0,68	1,17	1,79	0,60	1,00	0,40
C9	3,51	5,63	3,78	1,08	5,17	3,64	1,60	2,47	1,00

Figura 156 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: fatores sociais

Step I - Matriz de pares (Intergrupos / Especialista 1 / IBAMA)

	C1	C2	C3
C1	1,00	5,00	3,00
C2	0,20	1,00	0,33
C3	0,33	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Intergrupos / Especialista 2 / IBAMA)

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,20	0,14
C2	5,00	1,00	0,33
C3	7,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Intergrupos / Especialista 3 / IBAMA)

	C1	C2	C3
C1	1,00	5,00	1,00
C2	0,20	1,00	0,20
C3	1,00	5,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Intergrupos / Especialista 4 / IBAMA)

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,33	0,20
C2	3,00	1,00	1,00
C3	5,00	1,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Intergrupos / Especialista 5 / IBAMA)

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,20	0,14
C2	5,00	1,00	0,33
C3	7,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Intergrupos / Especialista 6 / IBAMA)

	C1	C2	C3
C1	1,00	1,00	0,33
C2	1,00	1,00	0,33
C3	3,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (Intergrupos / Especialista 7 / IBAMA)

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,14	0,14
C2	7,00	1,00	1,00
C3	7,00	1,00	1,00

Step I - Matriz de pares Consolidada IBAMA (AIJ) (intergrupos)

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,65	0,35
C2	1,54	1,00	0,42
C3	2,90	2,36	1,00

Figura 157 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: intergrupos

Step I - Matriz de pares (econômicos / Especialista 1 / TCU)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	5,00	3,00	3,00	1,00
C2	0,20	1,00	0,33	1,00	0,33
C3	0,33	3,00	1,00	3,00	0,33
C4	0,33	1,00	0,33	1,00	0,33
C5	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00

Step I - Matriz de pares (econômicos / Especialista 2 / TCU)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	0,20	3,00	7,00	3,00
C2	5,00	1,00	5,00	9,00	9,00
C3	0,33	0,20	1,00	3,00	3,00
C4	0,14	0,11	0,33	1,00	1,00
C5	0,33	0,11	0,33	1,00	1,00

Step I - Matriz de pares (econômicos / Especialista 3 / TCU)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	5,00	3,00	3,00	0,20
C2	0,20	1,00	0,33	0,33	0,14
C3	0,33	3,00	1,00	3,00	0,14
C4	0,33	3,00	0,33	1,00	0,20
C5	5,00	7,00	7,00	5,00	1,00

Step I - Matriz de pares consolidada TCU (AIJ) (econômicos)

C1	C2	C3	C4	C5
----	----	----	----	----

C1	1,00	1,71	3,00	3,98	0,84
C2	0,58	1,00	0,82	1,44	0,75
C3	0,33	1,22	1,00	3,00	0,52
C4	0,25	0,69	0,33	1,00	0,41
C5	1,19	1,33	1,91	2,47	1,00

Figura 158 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP dos especialistas do TCU consultados para a modelagem do cenário 2: fatores econômicos

Step I - Matriz de pares (intergrupos / Especialista 1 / TCU)

	C1	C2	C3
C1	1,00	5,00	7,00
C2	0,20	1,00	3,00
C3	0,14	0,33	1,00

Step I - Matriz de pares (intergrupos / Especialista 2 / TCU)

	C1	C2	C3
C1	1,00	3,00	5,00
C2	0,33	1,00	3,00
C3	0,20	0,33	1,00

Step I - Matriz de pares (intergrupos / Especialista 3 / TCU)

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,33	0,33
C2	3,00	1,00	1,00
C3	3,00	1,00	1,00

Step I - Matriz de pares consolidada TCU (AIJ) (intergrupos)

	C1	C2	C3
C1	1,00	1,71	2,27
C2	0,58	1,00	2,08
C3	0,44	0,48	1,00

Figura 159 –Sequenciamento de consolidação da Matriz AHP dos especialistas do TCU consultados para a modelagem do cenário 2: intergrupos

Step I - Matriz de pares (econômicos / Especialista 1 / ANEEL)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	0,20	3,00	7,00	3,00
C2	5,00	1,00	5,00	9,00	9,00
C3	0,33	0,20	1,00	3,00	3,00

C4	0,14	0,11	0,33	1,00	1,00
C5	0,33	0,11	0,33	1,00	1,00

Figura 160 –Matriz AHP do especialista da ANEEL consultado para a modelagem do cenário
2: fatores econômicos

Step I - Matriz de pares (intergrupos / especialista 1 / ANEEL)

	C1	C2	C3
C1	1,00	3,00	5,00
C2	0,33	1,00	3,00
C3	0,20	0,33	1,00

Figura 161 –Matriz AHP do especialista da ANEEL consultado para a modelagem do cenário
2: intergrupos

- **Testes de consistência das matrizes AHP de consolidação de cada entidade (AIJ):**

Step I - Matriz de pares Consolidada IBAMA (AIJ) (Fatores ambientais)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	0,29	0,83	0,38	0,73	0,65	0,42	0,30	0,23
C2	3,39	1,00	2,27	2,02	1,92	1,87	1,70	1,16	0,51
C3	1,20	0,44	1,00	0,70	0,57	0,79	0,68	0,34	0,23
C4	2,60	0,50	1,42	1,00	1,12	1,08	0,85	0,53	0,34
C5	1,37	0,52	1,74	0,90	1,00	1,01	0,83	0,65	0,32
C6	1,53	0,53	1,27	0,93	0,99	1,00	0,92	0,62	0,36
C7	2,36	0,59	1,47	1,17	1,20	1,09	1,00	0,76	0,42
C8	3,35	0,86	2,97	1,87	1,53	1,60	1,32	1,00	0,42
C9	4,26	1,94	4,37	2,93	3,11	2,76	2,36	2,36	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,047	0,044	0,048	0,032	0,060	0,055	0,042	0,039	0,061
C2	0,161	0,150	0,131	0,169	0,158	0,158	0,169	0,150	0,134
C3	0,057	0,066	0,058	0,059	0,047	0,066	0,067	0,044	0,059
C4	0,123	0,074	0,082	0,084	0,092	0,091	0,085	0,069	0,088
C5	0,065	0,078	0,100	0,075	0,082	0,085	0,083	0,085	0,083
C6	0,073	0,080	0,073	0,078	0,081	0,084	0,091	0,081	0,094
C7	0,112	0,088	0,085	0,098	0,099	0,092	0,099	0,098	0,110
C8	0,159	0,129	0,171	0,157	0,126	0,135	0,131	0,130	0,110

C9	0,202	0,291	0,252	0,246	0,256	0,233	0,234	0,305	0,260
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Step III - Matriz de pesos

0,05
0,15
0,06
0,09
0,08
0,08
0,10
0,14
0,25

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,4305635	9,037316787	9,070005167	0,008750646	0,01
1,3913423	9,079681614			
0,5266081	9,057452973			
0,7932678	9,056998408			
0,7431279	9,074980732			
0,740997	9,066797223			
0,887872	9,073448945			
1,2602279	9,086718824			
2,3036029	9,096650998			

Figura 162 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: fatores ambientais

Step I - Matriz de pares Consolidada IBAMA (AIJ) (Fatores sociais)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1,00	1,58	0,73	0,27	1,08	0,51	0,23	0,62	0,28
C2	0,63	1,00	0,49	0,20	0,74	0,40	0,16	0,44	0,18
C3	1,37	2,04	1,00	0,36	1,13	0,81	0,38	0,53	0,26
C4	3,65	5,11	2,76	1,00	3,35	2,73	0,74	1,47	0,93
C5	0,93	1,35	0,89	0,30	1,00	0,65	0,24	0,85	0,19
C6	1,94	2,47	1,23	0,37	1,53	1,00	0,37	0,56	0,27
C7	4,42	6,13	2,66	1,35	4,11	2,73	1,00	1,66	0,62
C8	1,62	2,27	1,87	0,68	1,17	1,79	0,60	1,00	0,40
C9	3,51	5,63	3,78	1,08	5,17	3,64	1,60	2,47	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,04	0,06	0,07
C2	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,04

C3	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06
C4	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,19	0,14	0,15	0,22
C5	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,09	0,05
C6	0,10	0,09	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06	0,07
C7	0,23	0,22	0,17	0,24	0,21	0,19	0,19	0,17	0,15
C8	0,08	0,08	0,12	0,12	0,06	0,13	0,11	0,10	0,10
C9	0,18	0,20	0,25	0,19	0,27	0,26	0,30	0,26	0,24

Step III - Matriz de pesos

0,05
0,04
0,06
0,18
0,05
0,08
0,20
0,10
0,24

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,4778331	9,087221408	9,118914901	0,014864363	0,01
0,3254755	9,099004289			
0,5888455	9,123317902			
1,6365721	9,121987403			
0,4923445	9,090902015			
0,6887839	9,125747766			
1,81029	9,133282204			
0,9244963	9,137358321			
2,1841994	9,151412802			

Figura 163 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: fatores sociais

Step I - Matriz de pares Consolidada IBAMA (AIJ) (intergrupos)

	C1	C2	C3
C1	1,00	0,65	0,35
C2	1,54	1,00	0,42
C3	2,90	2,36	1,00

Step II - Matriz normalizada

C1	C2	C3
----	----	----

C1	0,183740678	0,161623717	0,195062064
C2	0,283853194	0,249685637	0,239727012
C3	0,532406129	0,588690646	0,565210924
Step III - Matriz de pesos			
0,18			
0,26			
0,56			

Step IV - Taxa de Consistência				
Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
0,540978748	3,003065855	3,005819534	0,002909767	0,00501684
0,774457907	3,004624792			
1,691798292	3,009767956			

Figura 164 – Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP dos especialistas do IBAMA consultados para a modelagem do cenário 2: intergrupos

Step I - Matriz de pares consolidada TCU (AIJ) (econômicos)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	1,71	3,00	3,98	0,84
C2	0,58	1,00	0,82	1,44	0,75
C3	0,33	1,22	1,00	3,00	0,52
C4	0,25	0,69	0,33	1,00	0,41
C5	1,19	1,33	1,91	2,47	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0,298055149	0,287577961	0,424428088	0,334725628	0,239229723
C2	0,174303708	0,168176612	0,116303297	0,121324693	0,213848295
C3	0,099351716	0,204576825	0,141476029	0,25236553	0,148274126
C4	0,074905972	0,11660715	0,047158676	0,084121843	0,115009655
C5	0,353383454	0,223061453	0,270633908	0,207462306	0,2836382

Step III - Matriz de pesos

0,32
0,16
0,17
0,09
0,27

Step IV - Taxa de Consistência				
Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
1,670100889	5,271728034	5,156457017	0,039114254	0,034923441
0,811228352	5,10877009			
0,870560883	5,144889918			
0,442202068	5,050236841			
1,393489004	5,206660203			

Figura 165 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP dos especialistas do TCU consultados para a modelagem do cenário 2: fatores econômicos

Step I - Matriz de pares consolidada TCU (AIJ) (intergrupos)

	C1	C2	C3
C1	1,00	1,71	2,27
C2	0,58	1,00	2,08
C3	0,44	0,48	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3
C1	0,493652935	0,535920681	0,424080429
C2	0,288689988	0,313408316	0,388937786
C3	0,217657077	0,150671003	0,186981785

Step III - Matriz de pesos

0,48
0,33
0,19

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
1,469253915	3,032194461	3,022561759	0,01128088	0,019449792
0,998743066	3,02333006			
0,557560861	3,012160756			

Figura 166 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP dos especialistas do TCU consultados para a modelagem do cenário 2: intergrupos

Step I - Matriz de pares (econômicos / Especialista 1 / ANEEL)

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	1,00	0,20	3,00	7,00	3,00
C2	5,00	1,00	5,00	9,00	9,00
C3	0,33	0,20	1,00	3,00	3,00
C4	0,14	0,11	0,33	1,00	1,00
C5	0,33	0,11	0,33	1,00	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	0,1469	0,1233	0,3103	0,3333	0,1765
C2	0,7343	0,6164	0,5172	0,4286	0,5294
C3	0,0490	0,1233	0,1034	0,1429	0,1765
C4	0,0210	0,0685	0,0345	0,0476	0,0588
C5	0,0490	0,0685	0,0345	0,0476	0,0588

Step III - Matriz de pesos

0,22
0,57
0,12
0,05
0,05

Step IV - Taxa de Consistência

Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
1,165682128	5,345745583	5,2423232	0,0605808	0,05409
3,130270704	5,538481464			
0,597986289	5,024970487			
0,231370602	5,021117739			
0,272905443	5,281300726			

Figura 167 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP do especialista da ANEEL consultado para a modelagem do cenário 2: fatores econômicos

Step I - Matriz de pares (intergrupos / especialista 1 / ANEEL)

	C1	C2	C3
C1	1,00	3,00	5,00
C2	0,33	1,00	3,00
C3	0,20	0,33	1,00

Step II - Matriz normalizada

	C1	C2	C3
C1	0,6522	0,6923	0,5556
C2	0,2174	0,2308	0,3333
C3	0,1304	0,0769	0,1111

Step III - Matriz de pesos

0,63
0,26
0,11

Step IV - Taxa de Consistência				
Passo1 x Passo3	Vetor de consistência (VC)	Média do VC	Índice de consistência (IC)	Taxa:
1,945621206	3,071973401	3,038714681	0,01935734	0,033374725
0,790082167	3,032968775			
0,31965812	3,011201867			

Figura 168 –Sequenciamento do teste de consistência da Matriz consolidada AHP do especialista da ANEEL consultado para a modelagem do cenário 2: intergrupos

- **Agregação de prioridades (AIP) entre as matrizes consolidada de cada entidade consultada para a modelagem do cenário 2**

Quadro 8 – Agregação de prioridades dos fatores ambientais utilizados como referência para a modelagem do cenário 2

	Prioridades Consolidadas (EPE)	Prioridades Consolidadas (IBAMA)	Prioridades Consolidadas final (AIP)
Evitar Interferência em Unidades de Conservação (UCs) e suas zonas de amortecimento	31%	25%	28%
Evitar Interferência em áreas de preservação permanente (APPs)	9%	10%	9%
Evitar interferências em Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade (APCBs)	3%	8%	5%
Evitar interferência em áreas importantes para avifauna migratória	4%	8%	6%
Evitar interferências em zonas de amortecimento de cavidades naturais subterrâneas	20%	15%	17%
Evitar interferência em áreas de relevo acidentado	3%	6%	4%
Priorizar proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existentes, minimizando abertura de acessos e impactos associados.	7%	5%	6%
Evitar interferências em áreas alagáveis (ou inundáveis)	8%	9%	8%

Evitar Interferência e fragmentação em áreas com vegetação nativa	15%	14%	14%
---	-----	-----	-----

Quadro 9 – Agregação de prioridades dos fatores sociais utilizados como referência para a modelagem do cenário 2

	Prioridades Consolidadas (EPE)	Prioridades Consolidadas (IBAMA)	Prioridades Consolidadas final (AIP)
Evitar interferências em aeródromos	4%	5%	4%
Evitar interferência em áreas com direito minerário	4%	4%	4%
Evitar interferência em projetos de assentamento do INCRA	5%	6%	6%
Evitar interferência em áreas urbanas e periurbanas	17%	18%	17%
Minimizar impacto na paisagem	2%	5%	4%
Evitar interferência em culturas não adaptáveis às restrições da faixa de servidão	3%	8%	5%
Evitar interferência em sítios arqueológicos	16%	20%	18%
Evitar interferência em áreas quilombolas	17%	10%	13%
Evitar Interferências em Terras Indígenas e terras circunvizinhas	32%	24%	28%

Quadro 10 – Agregação de prioridades dos fatores econômicos utilizados como referência para a modelagem do cenário 2

	Prioridades Consolidadas (TCU)	Prioridades Consolidadas (ANEEL)	Prioridades Consolidadas final (AIP)
Priorizar proximidade com outros empreendimentos lineares pré-existentis.	32%	22%	26%
Evitar interferência em áreas alagáveis	16%	57%	30%
Evitar interferência em áreas com relevo acidentado	17%	12%	14%
Evitar interferência em áreas que demandem a limpeza da faixa	9%	5%	6%
Evitar interferência em áreas que demandem a instalação de torres autoportantes ou o alteamento de torres .	27%	5%	12%

Quadro 11 – Agregação de prioridades intergrupos utilizados como referência para a modelagem do cenário 2

	Prioridades Consolidadas (EPE)	Prioridades Consolidadas (IBAMA)	Prioridades Consolidadas (TCU)	Prioridades Consolidadas (ANEEL)	Prioridades Consolidadas final (AIP)
Variáveis Econômicas	24%	18%	48%	63%	34%
Variáveis Sociais	37%	26%	33%	26%	30%
Variáveis Ambientais	39%	56%	19%	11%	26%