

**Universidade de Brasília
Instituto de Geociências**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO –
AMBIENTAL**

**DETERMINAÇÃO DE ÁREAS COM POTENCIAL PARA O
REASSENTAMENTO DE FAMÍLIAS ATINGIDAS PELO
PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO
UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS**

WESLEY DE ANDRADE VILELA

Monografia de Conclusão de
Curso de Especialização

ORIENTADOR: Prof.^a Rejane Ennes Cicerelli

CO-ORIENTADOR: Prof.^a Tati Almeida

BRASÍLIA – DF

2015



**Universidade de Brasília
Instituto de Geociências**

**Identificação de Áreas Hidromórficas, por meio de
Análise Espectral de Dados de Sensoriamento
Remoto, como subsídio para a Elaboração de Laudos
Periciais de Avaliação de Imóveis Rurais.**

Wesley de Andrade Vilela

Monografia de conclusão de
Curso de Especialização

ORIENTADOR: Prof.^a Rejane Ennes Cicerelli

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Gervásio Barbosa Soares Neto _____

Prof.^a Tatiana Diniz Gonçalves _____

BRASÍLIA – DF

2015

AGRADECIMENTOS

Às Prof.^{as} REJANE ENNES CICERELLI e TATI ALMEIDA pelos ensinamentos repassados e pela dedicação, amizade e profissionalismo a mim dispensados.

Ao apoiador SÉRGIO PAULO BRITO por solucionar todos os problemas operacionais com um bom humor impagável e invejável.

Aos amigos do nosso curso de Especialização em Geoprocessamento Ambiental pelas divertidas e sofridas horas que passamos juntos.

Aos demais coordenadores e professores do curso.

RESUMO

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) é uma obra do Governo Federal que tem como objetivo garantir a segurança hídrica a 390 municípios, beneficiando cerca de 12 milhões de habitantes que sofrem com a escassez de água em uma das regiões mais secas do país. Com a proposta de mitigar os impactos socioeconômicos sobre as populações atingidas pelas obras de um dos canais anexos ao eixo principal do PISF, o Ramal do Agreste, este estudo apresenta a metodologia e ferramentas utilizadas para avaliar a aptidão das terras com base em determinados critérios (legais e técnicos) e seleção das áreas mais aptas a criação de reassentamentos rurais para instalação das famílias desalojadas pelas desapropriações. Foram identificados 4.490 hectares de terras que, dentro dos critérios e para a região estudada, possuem as melhores condições para esse fim. Pode-se concluir também que a análise multicritério juntamente com uso de ferramentas de SIG é um eficiente instrumento para identificação das melhores áreas para restabelecer as famílias afetadas, além de auxiliar o gestor público nas decisões com agilidade que sua função exige.

Palavras-chave: *sistema de informação geográfica, análise multicritério, AHP, assentamentos rurais, reassentamentos.*

ABSTRACT

The São Francisco River Integration Project (PISF) is a work of the Federal Government aims to ensure water security and 390 municipalities, benefiting about 12 million people suffering from water scarcity in one of the driest regions of the country. With the proposal to mitigate the socio-economic impacts on the populations affected by this infrastructure work, this study presents the methodology and tools used to assess the suitability of the land based on certain criteria (legal and technical) and selection of the most suitable areas to create rural resettlement for installation of families displaced by the expropriation. 4,490 hectares of land that have been identified within the criteria and the study area, have the best conditions for this purpose. One can also conclude that the multi-criteria analysis with use of GIS tools is an effective tool to identify the best areas to restore the affected families, and help the public manager in decisions with agility that their job requires.

Keywords: *GIS, Analysis Multicriteria, resettlement, AHP.*

SUMÁRIO

1. Introdução	08
2. Objetivo	09
3. Caracterização da Área de Estudo.....	09
4. Materiais e Métodos.....	10
5. Resultados e Discussão	15
6. Conclusão	18

DETERMINAÇÃO DE ÁREAS COM POTENCIAL PARA O REASSENTAMENTO DE FAMÍLIAS ATINGIDAS PELO PROJETO DE INTEGRAÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS

Determination of areas with potential for the resettlement families affected by São Francisco River Integration Project using geotechnologies

Wesley de Andrade Vilela¹

Rejane Ennes Cicerelli²

Tati Almeida³

Universidade de Brasília¹- Unb. Pós-Graduação: Especialização em Geoprocessamento. CEP 70910-900 - Brasília - DF - Brasil (wesley.vilela@integracao.gov.br)

Universidade de Brasília^{2,3}- Unb. CEP 70910-900 - Brasília - DF - Brasil (rejaneig@unb.br; tati_almeida@unb.br)

Resumo:

O Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF) é uma obra do Governo Federal que tem como objetivo garantir a segurança hídrica a 390 municípios, beneficiando cerca de 12 milhões de habitantes que sofrem com a escassez de água em uma das regiões mais secas do país. Com a proposta de mitigar os impactos socioeconômicos sobre as populações atingidas pelas obras de um dos canais anexos ao eixo principal do PISF, o Ramal do Agreste, este estudo apresenta a metodologia e ferramentas utilizadas para avaliar a aptidão das terras com base em determinados critérios (legais e técnicos) e seleção das áreas mais aptas a criação de reassentamentos rurais para instalação das famílias desalojadas pelas desapropriações. Foram identificados 4.490 hectares de terras que, dentro dos critérios e para a região estudada, possuem as melhores condições para esse fim. Pode-se concluir também que a análise multicritério juntamente com uso de ferramentas de SIG é um eficiente instrumento para identificação das melhores áreas para restabelecer as famílias afetadas, além de auxiliar o gestor público nas decisões com agilidade que sua função exige.

Palavras-chave: *sistema de informação geográfica, análise multicritério, AHP, assentamentos rurais, reassentamentos.*

Abstract:

The São Francisco River Integration Project (PISF) is a work of the Federal Government aims to ensure water security and 390 municipalities, benefiting about 12 million people suffering from water scarcity in one of the driest regions of the country. With the proposal to mitigate the socio-economic impacts on the populations affected by this infrastructure work, this study presents the methodology and tools used to assess the suitability of the land based on certain criteria (legal and technical) and selection of the most suitable areas to create rural resettlement for installation of families displaced by the expropriation. 4,490 hectares of land that have been identified within the criteria and the study area, have the best conditions for this purpose. One can also conclude that the multi-criteria analysis with use of GIS tools is an

effective tool to identify the best areas to restore the affected families, and help the public manager in decisions with agility that their job requires.

Keywords: *GIS, Analysis Multicriteria, resettlement, AHP.*

1. Introdução

O controle ambiental e social das obras é uma prática importante para eliminação, minimização e controle dos impactos ambientais gerados pela implantação dos empreendimentos. São ações e procedimentos que, executados de forma satisfatória, mantem ou melhoram a qualidade do ambiente local e das populações afetadas (Rios, M. B. C., 2014).

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF), mesmo tendo sido projetado de forma racional e ambientalmente orientado, gerando grandes benefícios às áreas nas quais se insere e às bacias receptoras, também traz em seus bojos impactos negativos às populações residentes ao longo do seu traçado.

Para mitigar os impactos socioeconômicos e culturais sobre a população a ser deslocada, o Ministério da Integração Nacional estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos a serem utilizados no remanejamento e reassentamento das populações atingidas diretamente pelo empreendimento. Estas diretrizes, critérios e procedimentos foram definidos a luz das propostas, conclusões e sugestões apresentadas no relatório final do grupo de trabalho interministerial – Atingidos por Barragens, instituído pelo decreto s/nº de 10/10/2003, publicado no Diário Oficial da União de 13/10/2003, e foram adotados no Programa de Reassentamento, que integrou o conjunto dos programas ambientais que compuseram o Projeto Básico Ambiental (PBA).

O Programa de Reassentamento (PBA 08) do Projeto de Integração do Rio São Francisco, executado no âmbito da Coordenação Geral de Programas Ambientais do Ministério da Integração Nacional, visa minimizar os efeitos negativos da realocação, garantindo uma nova base produtiva e/ou melhores condições de vida ou, no mínimo, similares às atuais, através da aquisição de áreas rurais pela União, que serão dotadas de infraestrutura comunitária e de produção. Essas áreas, intituladas Vilas Produtivas Rurais, serão destinadas ao reassentamento das famílias residentes na faixa de obra que atendam aos critérios de elegibilidade estabelecidos pelo Ministério da Integração Nacional.

A seleção de áreas para instalação de reassentamentos envolve a análise das variáveis escolhidas de maneira conjunta e espacializada. Uma ferramenta de suporte à decisão espacial pode ser definida como um sistema interativo que visa ajudar o usuário a alcançar altos níveis de eficácia no processo de tomada de decisão, resolvendo desafios representados por problemas de decisão espaciais semiestruturados (Malczewski, 1999). Um exemplo é a análise multicritério, que possibilita atribuir valores relativos a cada um dos fatores no processo de agregação de características. Tais análises têm sido utilizadas para gerar mapas de susceptibilidade à erosão (Valladares et al., 2012), seleção de áreas agrícolas para cultivo (Vieria & Curi, 2015), seleção de áreas para construção de Universidades e Loteamentos Universitários (Castro et al., 2015) e mapeamento de áreas prioritárias para adequação do uso da terra (Sartori et al., 2011).

Para implementação deste estudo utilizou-se uma área de 46.129 hectares correspondente a Área de Influência Direta (AID) das obras do Ramal do Agreste, canal anexo do PISF com 69 km de extensão.

Assim, utilizando-se a análise multicritério associada ao uso de sistemas de informação geográfica enquanto ferramenta de geoprocessamento espera-se identificar as áreas mais propícias à implantação das Vilas Produtivas Rurais e fornecer aos gestores públicos subsídios à tomada de decisão, considerando as demandas no Ministério da Integração Nacional.

2. Objetivos

Este trabalho tem por objetivo identificar áreas mais aptas a instalação de Vilas Produtivas Rurais para o reassentamento das famílias afetadas diretamente pela obra do Ramal do Agreste, eixo integrante do Projeto de Integração do Rio São Francisco – PISF.

2.1 Objetivos específicos

- Verificar a possibilidade de utilização do método AHP na determinação de áreas mais propícias a instalação de assentamentos.
- Fornecer uma ferramenta de suporte à tomada de decisão, direcionando os trabalhos de campo para as melhores áreas.
- Aquisição de áreas que propicie as famílias reassentadas condições que permitam seu desenvolvimento social e econômico em situação, no mínimo, similar à atual.

3. Caracterização da área de estudo

O Ramal do Agreste é um empreendimento de infraestrutura hídrica formado por um canal com aproximadamente 69 Km de extensão, que levará água do Eixo Leste da Integração do Rio São Francisco à bacia do rio Ipojuca. Está localizado no Estado de Pernambuco e corta os municípios de Sertânia e Arcoverde, nas bacias hidrográficas dos rios Moxotó e Ipojuca (Figura 1A). A Região, denominada de Polígono da Seca, apresenta baixo índice pluviométrico com vários meses sem chuva durante o ano, onde falta d'água torna-se o maior empecilho ao desenvolvimento socioeconômico e a permanência da população na região. A classificação do clima é BSh segundo a Köppen e Geiger, a temperatura média é 22.8 °C e 566 mm é a pluviosidade média anual. (Figura1B).

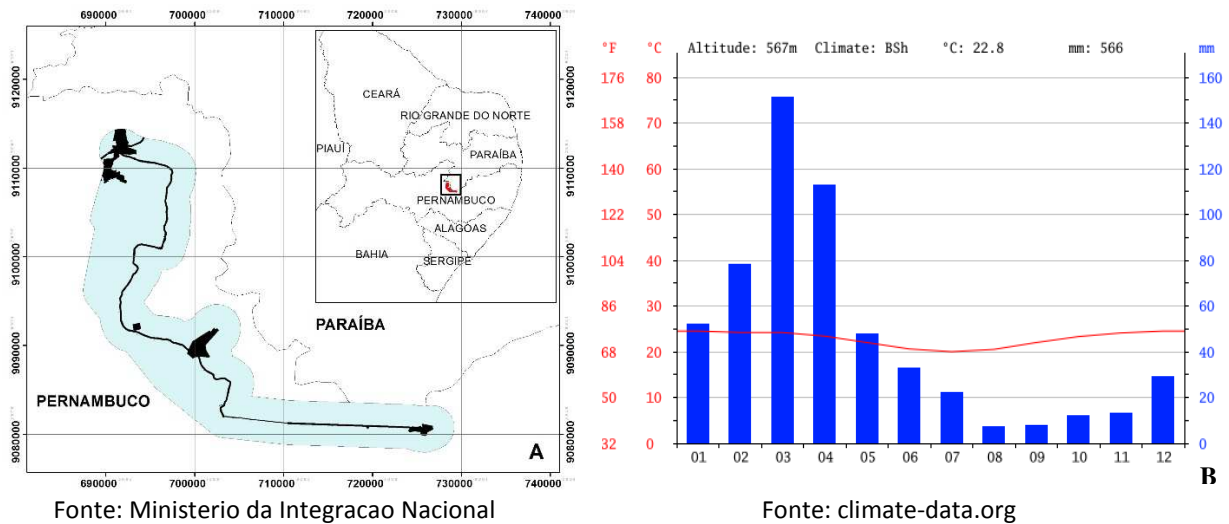


Figura 1: Mapa de localização do Ramal do Agreste (A) e Gráfico Climático da região de estudo (B), mostrando a precipitação e temperatura média mensal.

Para elaboração deste trabalho foi utilizada a Área de Influência Direta (AID) – Figura1(A). A AID corresponde a uma faixa de 5 km em torno das obras do Ramal do Agreste (2,5 Km para cada lado) e é definida como a área sujeita aos impactos diretos da implantação e operação de todo o empreendimento. Outra razão para utilização da AID é que ela corresponde à área decretada como de Utilidade Pública pelo Governo Federal propiciando as ações de desapropriação na região.

4. Materiais e Métodos

A identificação de áreas para produção agrícola envolve questões muito diversas. Os recursos naturais locais influenciam diretamente a aptidão das terras. O tipo dos solos, a declividade, o clima e a disponibilidade de recursos hídricos são as variáveis mais importantes na definição das melhores áreas produtivas, pois determinam as espécies que podem ser cultivadas, sua produtividade, a tecnologia, o custo de obtenção da produção e o risco de frustração das safras por acidentes climáticos (Sparovek, et al, 2005).

Para a elaboração deste trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico sobre fatores considerados imprescindíveis para a análise e identificação das melhores áreas para a região de estudo. Posteriormente, trabalhou-se na obtenção de produtos intermediários necessários a geração do produto final, quais sejam: Mapas Temáticos de Aptidão Agrícola, Declividade, Distância do Canal, Ocupação Humana e Restrições Técnicas e Legais.

De posse dos produtos intermediários definiu-se os pesos dos atributos dentro de cada base de dados (fatores), reclassificando-os através da ferramenta *Reclassify* do *ArcGis 10.3* e após realizou-se uma Álgebra de Mapas utilizando a ferramenta *Raster Calculator* do *ArcGIS 10.3*. com ponderação dos pesos de cada mapa pelo método *AHP*.

O mapa obtido através dos procedimentos descritos enquadrou-se no Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) 1:100.000 Classe A.

Os procedimentos adotados para elaboração do produto final estão descritos na Figura 1.

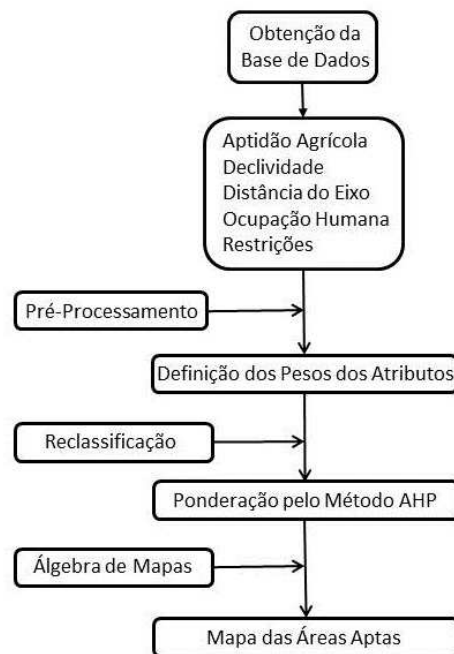


Figura 2: Fluxograma dos procedimentos realizados para obtenção do Produto Final

4.1 Variável Declividade

A classificação do relevo tem peso significativo na definição da melhor área para instalação dos reassentamentos, pois apresenta estreita relação com aspectos ligados ao manejo agrícola. Fornece subsídios ao estabelecimento dos graus de limitação com relação ao emprego de implementos agrícolas, na aptidão agrícola e na suscetibilidade a erosão.

A declividade do terreno permite inferir que quanto mais íngreme for a área, mais crítica ela se torna para a exploração agrícola em função da suscetibilidade à erosão e do impedimento a mecanização.

As áreas com declividades inferiores a 20% são consideradas as mais aptas para utilização agrícola, visto que, a suscetibilidade à erosão e o impedimento à mecanização (considerando as condições de solo) apresentam graus de limitação que variam de nulo, ligeiro, moderado e forte. Áreas com declives entre 20% a 45%, quando cultivadas, apresentam alta suscetibilidade à erosão, tornando o controle da mesma muito dispendioso. Para declives maiores que 45% as terras são consideradas inaptas para o uso agrícola (Ramalho Filho e Beek, 1995).

Para a obtenção dos dados altimétricos e elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo utilizou-se uma imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de 30 metros, encontrada no sítio do U.S. Geological Survey.

De posse do MDE gerou-se quatro intervalos de classes de declive (Tabela 1) de acordo com o grau de limitação de uso do solo em função da suscetibilidade à erosão e impedimento à mecanização dando origem ao Mapa de Declividade (Figura 4A).

Tabela 1: Enquadramento das Classes de Relevô e a Intensidade de Importância.

Declividade (%)	Relevô	Importância
0 – 8	Plano a Suave Ondulado	9
8 – 20	Moderadamente Ondulado a Ondulado	7
20 – 45	Forte Ondulado	3
>45	Montanhoso e Escarpado	1

Fonte: Adaptado EMBRAPA (1979)

4.2 Variável Aptidão do Solo

A avaliação da aptidão agrícola das terras tem como finalidade a indicação do potencial agrícola das terras para diferentes tipos de uso. Tenta-se estabelecer uma relação custo/benefício favorável, sob os pontos de vista econômico e ambiental (Ramalho Filho et al., 1983).

Para interpretação da aptidão agrícola das terras foi utilizada a metodologia desenvolvida pela Divisão de Pedologia e Fertilidade do Solo do Ministério da Agricultura (Bennema et al., 1965), atualmente Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS) da Embrapa, e ampliada pela SUPLAN-MA, com assessoria técnica da FAO (Ramalho Filho e Beek, 1995).

A característica principal a ser considerada para estabelecer as classes de importância dos solos é o grau de desenvolvimento ou maturidade do solo (Crepane et al., 2001). Assim, solos mais velhos e intemperizados são melhores tanto pelo lado agrícola, por serem mais profundos e porosos, como pelo lado ambiental, por se tratarem de solos menos vulneráveis ao uso produtivo.

Com base no mapa de solos elaborado pela Embrapa na escala de 1:100.000 (Figura 4B) e informações adicionais sobre clima e demais aspectos do ambiente chegou-se as aptidões por unidade de mapeamento de solos (Figura 4C) e suas respectivas intensidades de importância, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Aptidão Agrícola por Unidade de Mapeamento de Solos e Intensidade de Importância.

Unid. Mapeamento	Aptidão Agrícola	Importância
RYbe (Neossolo Flúvico)	3bc - terras indicadas para lavoura com limitações moderadas a produção sustentada de um determinado tipo de utilização	5
PVAe (Argissolo Vermelho-Amarelo), RRe (Neossolo Regolítico)	3(bc) - Terras indicadas para lavoura com limitações fortes para a produção sustentada de um determinado tipo de utilização	4
MTo (Luvisolo Crômico), SXe (Planossolo Háplico)	5(n) - Terras indicadas para silvicultura e/ou pastagem natural	3
RLe (Neossolo Litólico)	6 - Terras indicadas para preservação da flora e da fauna	1

4.3 Variável Ocupação Humana

O motivo principal deste trabalho é a identificação de áreas para reassentamento das famílias afetadas pelas desapropriações, em razão das obras do Ramal do Agreste.

Dados levantados pelo Ministério da Integração Nacional, através do Cadastro Fundiário Rural da região, indicam uma grande presença de pequenos produtores rurais que vivem em condições de subsistência da propriedade rural, alguns são proprietários e outros são moradores que trabalham na propriedade ou meeiros. Mostram também que estas famílias, quando desapropriadas e apesar das indenizações, não conseguem se reestabelecer por si só novamente na terra.

Maiores densidades populacionais, excluindo-se os centros urbanos, indicam a presença de pequenas propriedades rurais. As aquisições destas áreas vão contra o objetivo do programa, pois geraria uma demanda ainda maior por terras para o reassentamento destes novos pequenos proprietários desapropriados, além de onerar as desapropriações pela maior quantidade de benfeitorias, tanto reprodutivas quanto não- reprodutivas.

Por essa razão a Ocupação Humana é de extrema importância e deve ser levada em consideração na apuração das melhores áreas a serem adquiridas.

Para elaboração do Mapa Temático de Ocupação Humana (Figura 4D) utilizou-se a Malha Digital do Senso 2010 fornecida pelo IBGE, que indica a população por unidade de área, neste caso 1 Km². Para cobertura da área de estudo utilizou-se 1044 polígonos que deram origem a pontos centrais (centroides) usados para a geração de uma superfície por meio da técnica de interpolação por *Krigagem*.

A intensidade de importância em relação à população por unidade de área está descrita na Tabela 3.

Tabela 3: População por Unidade de Área e Intensidade de Importância

População / Km²	Importância
0	9
0 - 5	8
5 - 10	7
10 - 15	3
>15	1

4.4 Variável Distância Horizontal do Eixo do Canal

Conforme consta no Programa de Reassentamento de Populações do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PBA 08), para o reassentamento das famílias devem ser selecionadas áreas a partir do zoneamento de 2,5 km em cada uma das margens do canal com potencial para agricultura de sequeiro e irrigada. Esse limite está relacionado com o futuro abastecimento da Vila com a água advinda do canal do Ramal do Agreste e também coincide com área decretada como de Utilidade Pública pelo Governo Federal. Quanto maior a

distância do canal, maior o custo para implantação do sistema de abastecimento, o que pode inviabilizar a implantação de um sistema adutor para consumo e irrigação.

Assim para que se dê maior atenção às terras mais próximas ao canal foi realizado um “buffer” do eixo dividindo a área em três partes para obtenção do Mapa de Distância do Eixo do Canal (Figura 4E) e estipulado grau de importância conforme Tabela 4.

Tabela 4: Distância do Eixo Canal e Intensidade de Importância.

Distância do Eixo do Canal (m)	Importância
0 – 1000	5
1000 - 2000	3
>2000	1

4.5 Variável Restrições

Para estabelecer as restrições e elaborar o Mapa de Restrições (Figura 4F) considerou-se impeditivos legais (APPs) e técnicos (áreas desapropriadas pelo Governo Federal para implantação do canal, reservatórios, estradas, perímetros urbanos), de modo a excluir as áreas que não podem ser utilizadas para a exploração agrícola segundo os critérios adotados.

Foi atribuído o grau de importância 0 (zero) para estas áreas.

4.6 Ponderação dos fatores pelo método AHP

Após a definição das notas dentro de cada base de dados e reclassificação dos valores através do comando *Reclassify do ArcGis* ponderou-se as variáveis de acordo com o grau de importância relativa entre os fatores. Isso foi feito através do método AHP (*Analytical Hierarchy Process*) proposto por Saaty (1980).

A teoria AHP de Saaty (1980) é uma técnica baseada na lógica da comparação pareada onde os fatores que influenciam a tomada de decisão são comparados dois-a-dois. Os diferentes fatores são organizados hierarquicamente de acordo com um valor de importância relativa de um fator sobre os outros e comparados entre si (Silva & Nunes, 2009). A análise empírica sobre os fatores, comparando-os de forma pareada, permite a estipulação de um valor que represente a relação entre eles.

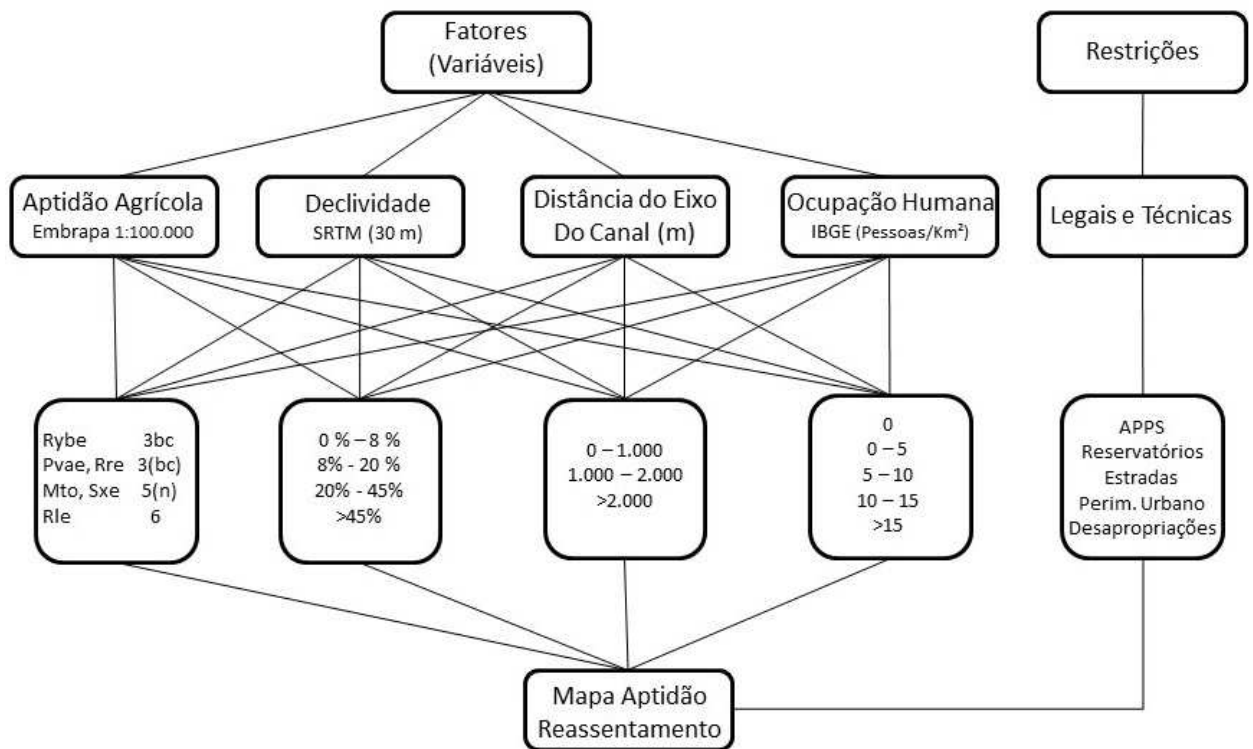


Figura 3: Modelo hierárquico para aplicação do método AHP

Utilizou-se a escala de Saaty de números absolutos para atribuir valores numéricos tanto quantitativos como qualitativos aos julgamentos (Tabela 5).

Tabela 5: Escala de Saaty com os 9 pesos fundamentais de julgamento comparativo.

Importância	Definição	Explicação
1	Importância Equiparada	Contribuição equiparada para o objetivo.
3	Importância Moderada	Um objetivo ligeiramente favorável em detrimento a outro.
5	Importância Forte	Um objetivo fortemente favorável em detrimento a outro.
7	Importância Muito Forte	Um objetivo muito fortemente favorável em detrimento a outro; domínio demonstrado na prática.
9	Importância Absoluta	É a maior ordem de afirmação possível de um objetivo em detrimento a outro.
2,4,6,8	Valores intermediário entre dois julgamentos sucessivos	Possível necessidade de interpolar julgamentos numéricos

FONTE: Adaptado de Carvalho & Mingoti (2005)

Esse método fundamenta-se numa matriz quadrada ($n \times n$) de comparação entre os n critérios (fatores), na qual as linhas e as colunas correspondem aos critérios avaliados (na mesma ordem ao longo das linhas e das colunas). Cada célula da matriz (a_{ij}) representa a importância relativa do critério da linha i com relação ao critério da coluna j . Essa matriz é recíproca, sendo necessário preencher somente a metade triangular inferior esquerda, já que a outra metade deriva desta, e a diagonal principal assume valores unitários (Silva et al., 2004). Em outras palavras, cada célula da matriz é preenchida com um valor de julgamento que expressa a importância relativa entre pares de critérios.

A Tabela 6 representa a matriz de interação entre as variáveis e os pesos finais estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 6: Matriz de comparação pareada das variáveis

	Declividade	Aptidão do Solo	Ocupação H.	Dist. Do Eixo
Declividade	1	2	3	5
Aptidão do Solo	1/2	1	2	4
Ocupação Humana	1/3	1/2	1	2
Dist. Do Eixo	1/5	1/4	1/2	1

Tabela 7: Pesos finais das variáveis obtidos através da matriz de comparação

Variável	Peso
Declividade	0,4758
Aptidão Agrícola	0,2884
Ocupação do Solo	0,1544
Distância do Eixo	0,0813

$$RC=0,0078 \quad (1)$$

Também foi calculada a razão de consistência da matriz de comparação (1) que, segundo Saaty e Vargas (1991), deve ser menor que 0,1, indicando desta forma que as avaliações da matriz foram geradas aleatoriamente.

De posse dos Pesos dos Fatores procedeu-se a soma ponderada dos Mapas Intermediários com a utilização da função Raster Calculator do ArcGIS 10.3 através da fórmula (2).

$$\text{Mapa Final} = (\text{Decl.} * 0,4758) + (\text{Aptidão} * 0,2884) + (\text{Ocup.} * 0,1544) + (\text{Dist. Eixo} * 0,0813) \quad (2)$$

Após a soma dos fatores ponderados, procedeu-se a multiplicação desse resultado pelas restrições (APP, Espelhos D'água, Estradas, Perímetro Urbano e Área Desapropriada do Canal) de modo a excluir as áreas que não podem ser utilizadas para a exploração agrícola segundo os critérios adotados.

O mapa final de aptidão para instalação de reassentamentos foi padronizado para uma escala entre zero (0) a 255 bytes e classificado em cinco classes (Inapta, Aptidão Restrita, Aptidão Baixa, Aptidão Média e Aptidão Alta) numa ordem hierárquica arbitrária (0, 60, 130, 190 e 255), que varia de menos aptas (0) a mais aptas (255), utilizando a ferramenta *Reclassify* do ArcGIS 10.3.

De posse do Mapa de Aptidão de Reassentamento, o próximo passo foi a identificação das terras viáveis à locação do reassentamento. Para isso utilizamos somente as áreas com Aptidão Alta para a região de estudo. Esta classe foi separada e cruzada com uma malha com intervalo de 316,2277 x 316,2277 metros, ou seja, 10 hectares, e escolhidos somente os intervalos com pelo menos 90 % de classe de Aptidão Alta.

5. Resultados e Discussão

A Figura 4 representa os mapas utilizados como subsídio a partir do estabelecimento dos critérios.

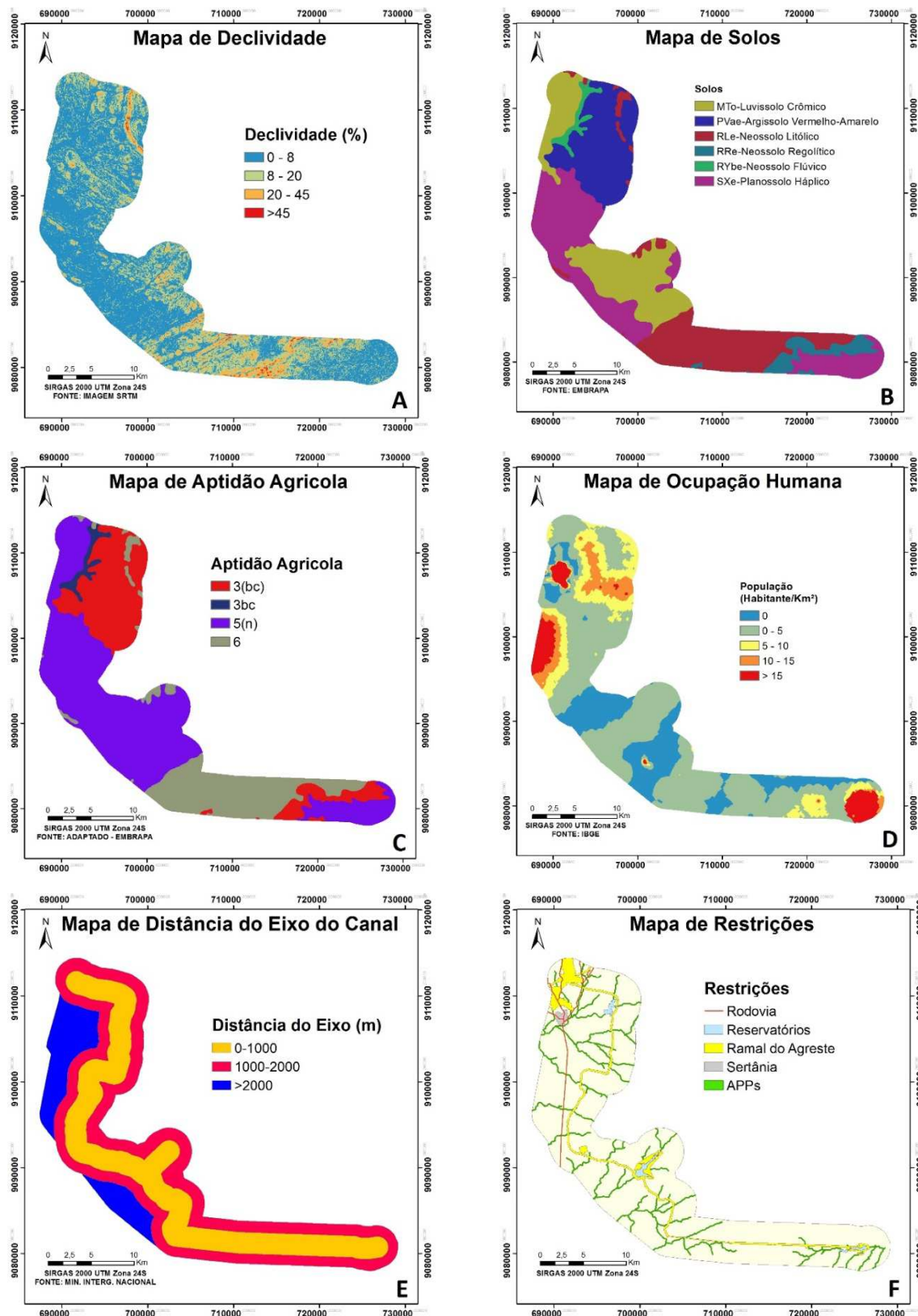


Figura 4: Mapa de Declividade (A), Mapa de Solos (B), Mapa de Aptidão (C), Mapa de Ocupação Humana (D), Mapa de Distância do Eixo (E) e Mapa de Restrições (F).

De um total de 46.140 hectares estudados foram selecionados 4.490 hectares com no mínimo 90% de Alta Aptidão, aproximadamente 10% do total e correspondente a 449 áreas de 10 hectares, que poderiam ser usadas para instalação de um Reassentamento (Figura 5).

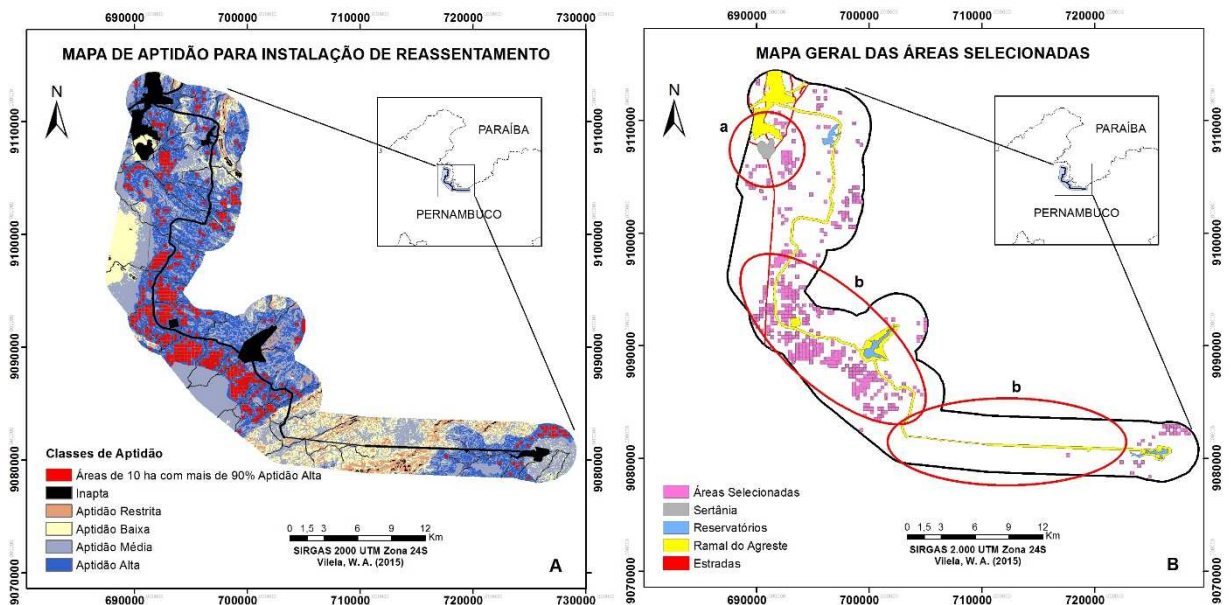


Figura 5: Mapa de Aptidão (A) apresentando as Classes de Aptidão e as áreas com 10 ha selecionadas e Mapa Geral das Áreas Selecionadas (B) apresentando alguns fatores importantes para tomada de decisão como Centro Consumidor, Reservatórios, Canal e Estradas.

Observando a Figura 3(B) nota-se que a maioria das áreas selecionadas se concentrou num raio de 1000 metros do eixo do canal e em declividades de até 8% em acordo ao peso dos fatores, respectivamente, Distância do Eixo do Canal e Declividade (b). Há também alguma concentração das áreas ao redor da cidade de Sertânia – PE, localizada ao norte da área de estudo (a). A distância aproximada de 1,5 Km de raio do centro urbano foi proporcionada pelo fator Ocupação Humana que descartou as terras que onerariam bastante a aquisição, por se tratar de terras mais valorizadas e com maior número de benfeitorias reprodutivas e não-reprodutivas. Foi eliminada por completo uma grande área no terço final do canal (c), ao sul, por se tratar de uma área de serra e muito íngreme. Neste caso foram os fatores Aptidão e Declividade que mais influenciaram no descarte destas terras que serão, inclusive, transpostas pelas obras através de túneis e aquedutos.

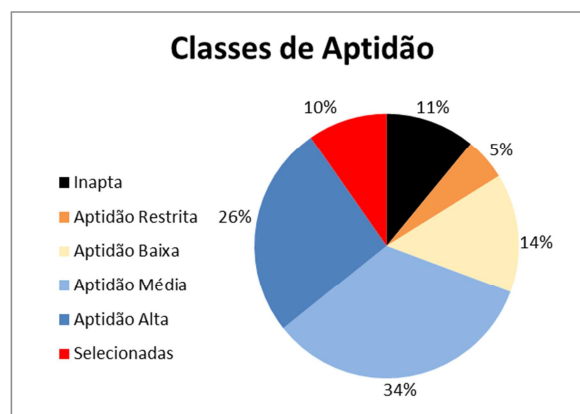


Figura 6: Gráfico com as distribuições das Classes de Aptidão em porcentagem da área total.

Guiado pelas indicações proposta por este trabalho o gestor público, de posse do número de famílias a serem reassentadas, do quantitativo de terras necessárias e baseado em sua capacidade analítica, pode escolher áreas contíguas de 10 hectares suficientes para implantação do Reassentamento, levando-se em consideração outros fatores que julgar pertinente como proximidade de estradas, de centros consumidores e de reservatórios, bem como a valorização das terras.

Neste caso para o reassentamento de 10 famílias, considerando 5 hectares de área por família (1 hectare irrigado e 4 hectares de sequeiro) mais 20% de Reserva Legal, serão necessários 60 hectares de área que podem ser selecionadas no mapa por meio de 6 áreas contíguas de 10 ha. Assim, a área central do canal, região (b) da Figura 3(B), a uma distância de até 1.000 metros do seu eixo, por se concentrar o maior número de polígonos de 10 ha, proximidade da rodovia e de um dos reservatórios, pode ser considerada a melhor região para instalação de um assentamento rural.

6. Conclusão

A análise multicritério juntamente com o uso de SIG se mostrou eficiente na escolha de locais com potencial para instalação de assentamentos, principalmente por fornecer ao gestor público ferramenta de suporte à tomada de decisão, direcionando rapidamente os trabalhos às melhores áreas evitando gastos desnecessários de tempo e dinheiro.

As terras aqui sugeridas podem servir para ordenar o espaço em relação à escolha das áreas sob uma perspectiva técnica, mas aspectos técnicos não são os únicos que devem ser considerados nas ações públicas. Cabe ao gestor público, diante dos dados apresentados por esse estudo, de conhecimentos adicionais nas áreas sociais, econômicas e ambientais e de sua capacidade de análise empírica, decidir sobre a futura locação do reassentamento, lembrado que é imprescindível levantamentos de campo direcionados antes da decisão final sobre a escolha.

As áreas mais indicadas para o reassentamento de famílias ficam na região central do canal (b), no qual observa-se uma região coberta por 2.900 hectares, composta de 290 polígonos de 10 ha, próximo à rodovia e de um reservatório que será criado pelas obras do Ramal do Agreste.

Este trabalho poderá ser realizado para outros trechos do Projeto de Integração do São Francisco, bem como para outras regiões e finalidades de reassentamento. Pode-se utilizar restrições e fatores alternativos, promovendo análises diferenciadas de acordo com a necessidade, pois a utilidade deste ensaio está na sistematização de uma maneira de tratar e analisar as diversas informações que são consideradas nas decisões dos gestores públicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bennema, J.; Beek, K. J.; Camargo, M. N. Interpretação de levantamento de solos no Brasil: um sistema de classificação de capacidade de uso da terra para levantamentos de reconhecimento de solos. Rio de Janeiro: DPFS/DPEA/FAO, 1965. 50 p.

Carvalho, G. S.; Mingoti, S. A. Manual do Usuário: programas para realização da análise hierárquica. UFMG. Instituto de Ciências Exatas. 2005.

- Castro, J. de S.; Costa, L. S.; Barbosa, G. R.; Assemany, P. P.; Calijuri, M. L. “Utilização de SIG e análise multicritério para seleção de áreas com potencial para a construção de universidades e loteamentos universitários”; BCG - Boletim de Ciências Geodésicas - Curitiba, v. 21, no 3, p.652 - 657, jul-set, 2015.
- Crepani, E.; Medeiros, J. S. de; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. F. Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. São José dos Campos: INPE, jun. 2001. 113 p, (INPE-8454-RPQ/722).
- Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solo. Rio de Janeiro, Embrapa solos, 2006. 306p.
- Malczewski, J., “GIS and Multicriteria Decision Analysis”. John Wiley and Sons, New York, 1999.
- Ramalho filho, A.; Beek, K.J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994. 313 p.
- Rios, M. B. C.; “Estudo de Aspectos e Impactos Ambientais nas Obras de Construção do Bairro Ilha Pura - Vila dos Atletas 2016”. Rio de Janeiro: UFRJ/Escola Politécnica, 2014.
- Ross, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 6, 1992. pp. 17-29.
- Saaty, T. L. The Analytic Hierarchy Process: planning, priority setting, resource allocation. New York: Mcgraw-hill, 1980. 287 p.
- Saaty, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research, v. 48, 1990. pp. 9-26.
- Sartori, A. A. C.; Nossack, F. A.; Moraes, D. A. C.; Dantas, M. J. F.; Silva, R. F. B.; Zimback, C. R. L. Definição de áreas prioritárias à adequação do uso da terra por meio da abordagem multicriterial em ambiente SIG. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.8725
- Silva, C. A. da; Nunes, F. P. Mapeamento de vulnerabilidade ambiental utilizando o método AHP: uma análise integrada para suporte à decisão no município de Pacoti/CE. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, INPE, 2009. pp. 5435-5442.
- Silva, S. F.; Pejon, O. J. Utilização de inferência de lógica fuzzy na elaboração de documentos cartográficos. In: 5o Simpósio de Cartografia, Geotécnica e Geoambiental, 2004, São Carlos – SP.
- Sparovek, G.; Barreto, A. P.; Maule, R. F.; Martins, S. P. Análise territorial da produção nos Assentamentos. Ministério do Desenvolvimento Agrário : NEAD, 71 p., 2005.
- Valladares, G. S.; Gomes, A. S.; Torresan, F. E.; Rodrigues, C. A. G.; Grego, C. R. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de susceptibilidade à erosão em área rural. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, n. 9, p. 1376-1383, 2012.
- Vieira, A. S.; Curi, W. F. Seleção de culturas agrícolas utilizando técnicas de análise multicriterial. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, v. 3,