

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

FRANCISCO DAÊNIO CASIMIRO DE OLIVEIRA

**SELEÇÃO DE CULTURAS AGRÍCOLAS (FRUTÍCULAS) PARA O PERÍMETRO
IRRIGADO DE SÃO GONÇALO POR MEIO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

POMBAL – PB
2019

FRANCISCO DAÊNIO CASIMIRO DE OLIVEIRA

**SELEÇÃO DE CULTURAS AGRÍCOLAS (FRUTÍCULAS) PARA O PERÍMETRO
IRRIGADO DE SÃO GONÇALO POR MEIO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFCG), como requisito para obtenção do título de Mestre.

POMBAL – PB
2019

O48s Oliveira, Francisco Daênio Casimiro de.
Seleção de culturas agrícolas (frutículas) para o perímetro irrigado de São Gonçalo por meio da análise multicritério / Francisco Daênio Casimiro de Oliveira. – Pombal, 2019.
53 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. Valterlin da Silva Santos".

Referências.

1. Culturas Agrícolas - Planejamento. 2. Método multicritério. 3. Perímetros irrigados. I. Santos, Valterlin da Silva. II. Título.

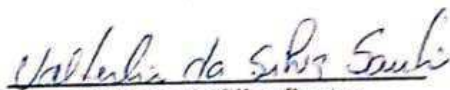
CDU 631.153(043)

“SELEÇÃO DE CULTURAS AGRÍCOLAS (FRUTÍCULAS) PARA PERÍMETRO IRRIGADO DE SÃO GONÇALO POR MEIO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO”

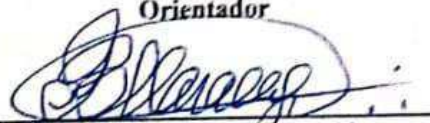
Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em 29/08/2019

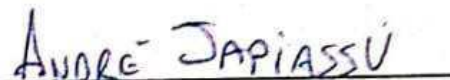
COMISSÃO EXAMINADORA



Valterlin da Silva Santos
Orientador



Patrício Borges Maracajá
Examinador Interno



André Japiassú
Examinador Externo

POMBAL-PB
2019

RESUMO

O Perímetro Irrigado de São Gonçalo - PISG há anos permanece inoperante devido a crise hídrica que assola a região, para tanto, toda a sua produção agrícola foi perdida, havendo como esperança a chegada das águas da transposição do Rio São Francisco para recomeçar a produção agrícola irrigada. Assim o objetivo desta pesquisa foi analisar quais as culturas agrícolas mais viáveis para o cultivo no PISG após a chegada das águas da transposição. Foi utilizada como ferramenta a Análise Multicritério, especificamente o Método PROMETHEE II, onde foram traçados Critérios Econômicos, Sociais e Ambientais, a fim de auxiliar na tomada de decisão. Como resultado da pesquisa, fazendo um *ranking* de todos os critérios, a Cultura da Uva foi considerada como a mais viável para o plantio no PISG, podendo ser recomendado também o plantio da Graviola e do Melão, enquanto que, as menos viáveis foram o Coco, o Mamão e o Abacaxi.

Palavras-chave: Método Multicritério, Culturas Agrícolas, Perímetros Irrigados.

ABSTRACT

The Irrigated Perimeter of São Gonçalo - PISG has been inoperative for years due to the water crisis that plagues the region. To this end, all of its agricultural production has been lost. irrigated. Thus the objective of this research was to analyze which crops are most viable for cultivation in PISG after the arrival of the transposition waters. The Multicriteria Analysis, specifically the PROMETHEE II Method, was used as a tool, which outlined Economic, Social and Environmental Criteria in order to assist in decision making. As a result of the research, ranking all the criteria, Grape Culture was considered as the most viable for planting in PISG, and the planting of Graviola and Melon could be recommended, while the least viable were Coconut , the Papaya and the Pineapple

Keywords: Multicriteria Method, Agricultural Crops, Irrigated Perimeters.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA – Agencia Executiva de Gest3o das águas na Paraíba

BNB - Banco do Nordeste do Brasil

CEASA - Centrais Estaduais de Abastecimento

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do S3o Francisco e do Parnaíba

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra a Seca

FAO - *Food and Agriculture Organization*

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFOCS - Instituto Federal de Obras Contra a Seca

PISG - Perímetro Irrigados de S3o Gonçalo

TCU - Tribunal de Contas da Uni3o

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Volume dos principais açudes da Paraíba em Fev/2016.....	15
Figura 2 – Plantações de Coco no Perímetro Irrigado de São Gonçalo.....	16
Figura 3 – Mapa dos perímetros irrigados pela CODEVASF e DNOCS em 2013.....	18
Figura 4 – Modelo do processo de tomada de decisão.....	21
Figura 5 – Localização do PISG.....	27
Figura 6 - Fluxograma da proposta de modelo.....	28
Figura 7 – Critérios e subcritérios a serem analisados.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores da precipitação efetiva em função da evapotranspiração potencial da cultura agrícola e da precipitação média mensal - Método USDA/SCS.....	37
Tabela 2 – Função de Preferência para os critérios.....	39
Tabela 3 – Matriz de Avaliação.....	40
Tabela 4 – Culturas mais viáveis e menos viáveis de acordo com o Critério Econômico Receita Líquida.....	41
Tabela 5 – Culturas mais viáveis e menos viáveis de acordo com o Critério Social Geração de Empregos.....	42
Tabela 6 – Culturas mais viáveis e menos viáveis de acordo com o Critério Ambiental Consumo Hídrico.....	42
Tabela 7 – Culturas mais viáveis e menos viáveis de acordo com o Critério Ambiental Quantidade de Defensivos Agrícolas.....	43
Tabela 8 – Ranking das culturas mais viáveis.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Participação percentual das principais frutas no valor de produção da fruticultura nordestina.....	20
Gráfico 2 - Participação percentual dos estados no valor da produção da fruticultura no Nordeste.....	20
Gráfico 3 – Ranking das Culturas mais viáveis.....	43
Gráfico 4 – Ranking das Culturas menos viáveis.....	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Formas para função de preferência.....	29
--	----

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Cenários e Pesos.....	52
APÊNDICE 2 – Cenários e Pesos após aplicação do PROMETHEE II	53

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	14
1.1 - Objetivos.....	15
1.1.1 - Objetivo Geral.....	15
1.1.2 - Objetivos Específicos	15
1.2 - Justificativa.....	15
2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 - Perímetros Irrigados	18
2.1.1 - Criação do Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PISG	19
2.2 - Fruticultura no Nordeste.....	20
2.3 - Tomada de Decisão	22
2.3.1 - Método de Análise Multicritério.....	23
3 - METODOLOGIA E TÉCNICAS	27
3.1 - Classificação da Pesquisa	27
3.2 - Descrição de Área de Estudo.....	28
3.3 - Método PROMETHEE II	29
3.4 - Composição das Alternativas Avaliadas	33
3.5 - Definição dos Critérios a serem analisados	33
3.5.1 - Critério segundo o objetivo Econômico	34
3.5.2 - Critério segundo o objetivo Social.....	36
3.5.3 - Critérios segundo os objetivos Ambientais	36
3.6 - Pesos dos Critérios e Funções de Preferência	39
3.7 - Matriz de Avaliação	40
4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	42
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
6 - REFERÊNCIAS	48
7 - APÊNDICES.....	53

1 - INTRODUÇÃO

A tomada de decisões relacionadas a temas agrícolas, tal como a seleção de culturas agrícolas viáveis para plantação, geralmente leva em consideração apenas fatores financeiros. O homem em meio a sua ganância desenfreada em busca de potencializar os seus lucros, tem degradado o meio ambiente de forma desordenada para constituir campos irrigáveis. Desta forma, ao invés de ser positivo o aumento da produção agrícola por meio da agricultura irrigada, resultou em algo preocupante devido as suas limitações, que vão desde a disponibilidade hídrica, preparação do solo para o cultivo, até a utilização de fertilizantes e defensivos, que são fatores que podem gerar um desequilíbrio socioambiental (VIEIRA; SANTOS, 2007).

Estudos feitos pelo Tribunal de Contas da União (TCU) no ano de 2015 mostram que a agricultura irrigada tornou-se acima de tudo uma atividade planejada pelo Estado, que tinha como foco principal alavancar a região Nordeste, mas que ainda é pouco explorada. O Brasil possui 29 milhões de hectares com capacidade para esta prática, mas destes, apenas 5 milhões de hectares são utilizados, onde 95% de sua totalidade compreende a projetos privados, corroborando com o que foi dito pelos autores Vieira e Santos (2007).

A prática da agricultura irrigada de maneira sustentável necessita de apoio de órgãos governamentais e de altos investimentos, um exemplo disso é a implantação dos perímetros irrigados, onde estes passaram a serem vistos como prática de maior valor e de grande potencial para geração de emprego, renda e desenvolvimento dos negócios familiares. Mas até as obras estudadas, planejadas e executadas pelos órgãos governamentais passam por dificuldade, a exemplo do caso aqui tratado, onde a crescente seca dos últimos 50 anos que assola a região Nordeste, aliada a má utilização dos recursos hídricos, fez com que o açude de São Gonçalo reduzisse bastante a sua capacidade hídrica, chegando ao ponto de no ano de 2012 houvesse a suspensão da liberação das águas da irrigação do perímetro da região, e é importante destacar, que neste período a população já passava por um regime de racionamento d'água para consumo humano (ANDRADE *et. al*, 2017).

O regime de racionamento por ora instaurado, segue as premissas advindas da Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 da Política Nacional de Recursos Hídricos, priorizando o abastecimento humano e a dessedentação animal.

De acordo com Andrade *et al*. (2015), a partir desse cenário, reside na transposição do Rio São Francisco a solução para amenizar a situação da seca, pois conforme o projeto, o

objetivo é direcionar parte das águas para o semiárido nordestino, prevendo desvio de 1% a 3% das suas águas para abastecimento de rios e açudes que secam durante o período de estiagem. Parte da Paraíba já foi beneficiada com esta obra por meio da conclusão do Eixo Leste, enquanto que, o Eixo Norte que terá o reservatório de São Gonçalo como um dos beneficiários já conta com 96% de conclusão de sua estrutura.

Com a consequente conclusão do projeto de transposição do Rio São Francisco, estima-se a retomada da normalidade de nivelamento do açude de São Gonçalo, contribuindo assim com liberação da água para irrigação. Diante o exposto, esta pesquisa encontra como problema examinar quais as frutíferas viáveis para cultivo no Perímetro Irrigados de São Gonçalo (PISG) selecionadas por meio da aplicação de um Método de Análise Multicritério.

1.1 - Objetivos

1.1.1 - Objetivo Geral

- Examinar um rol das culturas agrícolas viáveis para cultivo no PISG pós transposição do Rio São Francisco por meio da aplicação da análise multicritério

1.1.2 - Objetivos Específicos

- Estabelecer critérios e parâmetros para exame das culturas propostas;
- Analisar a sensibilidade da seleção das culturas em consonância das preferências dos critérios;
- Comparar o resultado encontrado com as culturas cultivadas anteriormente à crise hídrica.

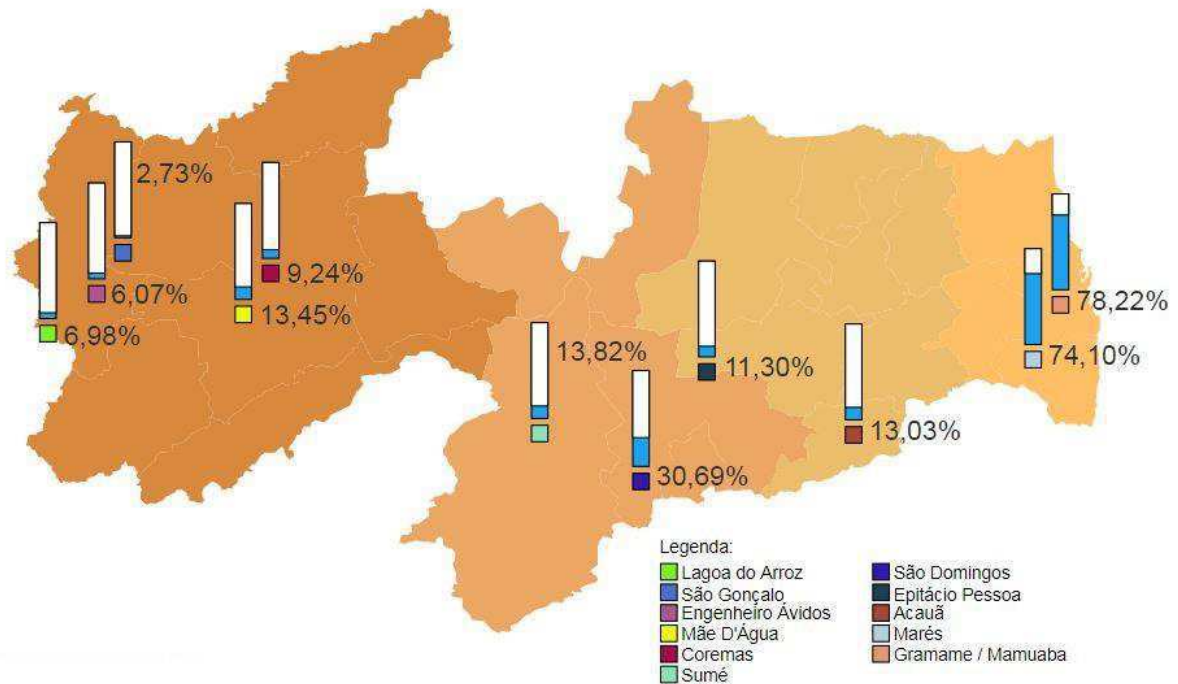
1.2 - Justificativa

O perímetro de São Gonçalo continua passando por uma escassez hídrica avaliada como a pior já ocorrida de acordo com os trabalhadores irrigantes da região. Perdas na produção causaram vários prejuízos financeiros e dificuldades na vida das famílias ribeirinhas que há gerações dependiam da renda advinda do cultivo das culturas agrícolas (ANDRADE *et. al*, 2017).

De acordo com a AESA (2018), o açude de São Gonçalo já passou por situações mais

críticas, a exemplo do mês de fevereiro do ano de 2016, onde foi registrado o seu nível mais crítico, no qual o reservatório chegou a armazenar apenas 2,73% de seu volume total (Figura 1).

Figura 1 - Volume dos principais açudes da Paraíba em Fev/2016.



Fonte: AESA (2018).

É possível afirmar que o perímetro e região abastecida pelo açude de São Gonçalo passavam por uma situação de extrema necessidade, onde este comportava o menor volume dentre todos os outros reservatórios da Paraíba, e vale destacar que a população já passava por um regime de racionamento (ANDRADE *et. al*, 2017).

Com a implantação do racionamento, muitas pessoas ficaram sem o abastecimento d'água até mesmo para o consumo humano devido a baixa vazão impossibilitar o bombeamento a todas as localidades, restando como solução o abastecimento por meio de caminhão pipa ou recorrer a perfuração de poços artesianos, mas a perfuração dos poços aconteceu de forma irresponsável, desordenada, e sem a outorga dos órgãos responsáveis. Conforme dados da AESA (2017), para o Município de Sousa/PB, havia apenas uma outorga vigente, que tinha fins de uso industrial, 116 outras outorgas para diversos fins estavam vencidas e não havia nenhum processo de solicitação de outorgas em andamento.

Os principais cultivos do PISG eram o coco e a banana, mas devido essa situação de crise hídrica, ambas as produções tiveram perda de quase 100% de seu plantio e produção,

sendo a agricultura de maneira geral e a pecuária as práticas mais afetadas pela falta d'água, juntamente com o turismo da região. Conforme ilustra a Figura 2, tal situação provocou o desemprego de até 98% da população no setor agrícola, na qual os paraibanos deixaram de lucrar até R\$ 20 milhões ao ano e a produção que tinha em torno de 30 caminhões de coco exportados por dia para todo o país, tornou-se irrelevante, sendo insuficiente até mesmo para a comercialização na própria cidade (SILVA *et al.*,2017).

Figura 2 – Plantações de Coco no Perímetro Irrigado de São Gonçalo.



Fonte: Portal CZN (2015).

Como praticamente todo plantio foi perdido, e com as novas perspectivas de retomada agrícola com a chegada das águas da transposição, vê-se a necessidade de recomeçar todo o processo, de modo, que uma ferramenta eficiente que possa auxiliar nesse processo de tomada de decisão é fundamental, e mediante estudos foi encontrada a possibilidade de utilização de uma abordagem multicritério.

Vilas Boas (2005b) defende o Método Multicritério como uma técnica que tem como objetivo de fazer uma análise, planejamento e uma posterior tomada de decisão, tendo por base que para que uma decisão seja tomada é necessário levar em consideração que a experiência e até mesmo o conhecimento das pessoas é tão importante quanto os dados a serem utilizados, ou seja, tais técnicas possibilitam a análise de critérios que não podem ser mensurados financeiramente, viabilizando incluir neste meio desde diferenças até opiniões.

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

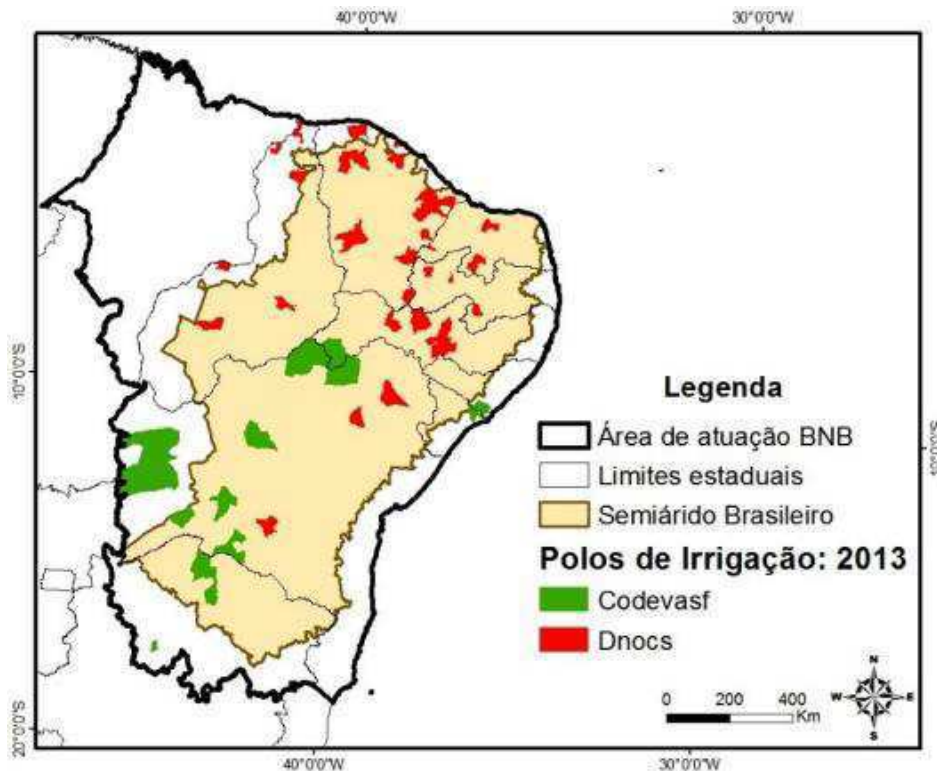
2.1 - Perímetros Irrigados

A partir da Criação da Lei 4.504 de 1964, do Estatuto da Terra, o Perímetro Irrigado foi constituído como um novo modelo de gerenciamento, tendo por base a propriedade familiar, com finalidade de apoio ao pequeno produtor. Os Perímetros eram compostos por um sistema complexo de associação entre recursos aquáticos, equipamentos hidráulicos, aspectos fundiários e atores que podem ser classificados em: agricultores que se beneficiam do serviço da água, os operadores externos e a gerência do perímetro (NYS *et al.*, 2005).

Consequente a esta prática, e com o objetivo de transformar a agricultura familiar em prática empresarial rural, por volta da década de 70, vários perímetros irrigados foram implantados na região do semiárido brasileiro, trazendo a imagem industrial para a agricultura nordestina, promovendo a geração de emprego e renda, e suprimindo as necessidades das populações locais (SILVA NETO, 2013).

Os órgãos responsáveis pela criação e implantação dos perímetros irrigados na região do semiárido nordestino foram a Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) e Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS). Tais órgãos realizaram obras em 69 municípios situados nos estados do Nordeste (com exceção do estado do Maranhão), e no norte do estado de Minas Gerais, totalizando uma ocupação de 190,8 mil há (TCU, 2015).

Figura 3 – Mapa dos perímetros irrigados pela CODEVASF e DNOCS em 2013.



Fonte: TCU (2015).

O DNOCS foi o órgão sucessor do Instituto Federal de Obras Contra a Seca (IFOCS), que já fazia estudos e obras com o intuito de combater os efeitos da seca, assim sendo, o DNOCS seguiu o legado, criando manobras para combater a seca, uma delas foi à construção de 35 perímetros irrigados em seis estados do Nordeste, são eles: Ceará que conta com 14 perímetros irrigados, Piauí com 6, Rio Grande do Norte com 5, Pernambuco com 4, Bahia com 3 e Paraíba com 3. Os 3 perímetros irrigados da Paraíba são o de Engº Arcoverde, Sumé e o de São Gonçalo (DNOCS, 2018).

2.1.1 - Criação do Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PISG

Com o início da sua implantação em 1972 e operação em 1973, o PISG foi capaz de manter a produção anual de frutas e impulsionou a economia local a ponto de ser considerado o “pulmão” da cidade de Sousa. Seu Projeto inicial detinha 4.100 ha e com o passar dos anos foi ampliado para 5.290 ha divididos em lotes que mediam de 3,5 a 5 ha, e o conjunto desses lotes formaram três Núcleos Habitacionais, nomeados sequencialmente de I, II e III, que foram construídos em terras indenizadas pelo DNOCS que antes pertenciam ao Sítio Cajá

(GOMES, 2005).

Teve seu sistema de irrigação projetado para que pudesse operar por gravidade, utilizando como método de irrigação por inundação e por sulcos. O funcionamento desse sistema aconteceria por meio de dois canais principais (o canal norte, ou IM, com 13,369 km de extensão e o sul, ou IS, com 10,192 km de extensão, e também por meio de uma rede de canais secundários que comportavam 81 km de extensão), que seriam os responsáveis pelo transporte da água até as áreas de cultivo (FREITAS, 1999).

De acordo com Queiroz (1993), quando a notícia de que o DNOCS estaria concedendo lotes para morada e trabalho, diversas pessoas pernoitavam em frente ao órgão no intuito de conseguir um “pedaço de terra”, mas este estabeleceu seus próprios critérios/condições para escolha dos colonos que iriam ocupar tais lotes. O método adotado era dividido em duas partes, a primeira consistia em avaliar as condições gerais do candidato, dentre elas:

- a) Ter a agropecuária como atividade exclusiva;
- b) Ter idoneidade comprovada;
- c) Ser chefe de família;
- d) Ter entre 19 e 60 anos;
- e) Ter condições físicas e mentais que o tornem apto para o trabalho.

A segunda era elencada de acordo com preferências voltadas para o âmbito social, que sejam:

- a) Os proprietários que foram atingidos do processo de desapropriação;
- b) Os chefes de famílias mais numerosas; e
- c) Os alfabetizados (porque estes teriam uma melhor capacidade de fazer uso do manejo das técnicas da agricultura irrigada).

Por fim, era firmado um “Contrato Particular de Promessa de Compra e Venda”, criado para que fosse válido por um período de 25 anos no máximo, para que pudesse ser quitado o valor do lote, e ao fim, poderia ser emitido como último documento aos colonos a “Posse definitiva e real da área ocupada”.

2.2 - Fruticultura no Nordeste

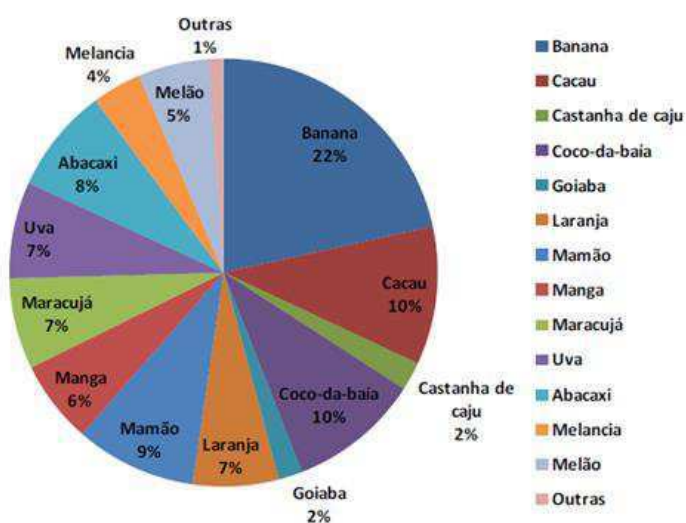
Diante dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization*) FAO (2016), no ano de 2013 o Brasil alcançou o terceiro lugar no *ranking* de produção mundial de frutas, chegando a produzir 37,7 milhões de

toneladas, ficando atrás somente da China e Índia. Apesar dos problemas hídricos, o Nordeste é responsável por 27% da produção nacional de frutas, tal desempenho se dá devido à luminosidade, temperatura e umidade do ar, o que não acontece nas regiões Sul e Sudeste.

Segundo o IBGE (2016), o Nordeste possui uma variada produção frutífera (Gráfico 1), chegando a ocupar mais de 90% da área cultivada, porém com a crise hídrica iniciada em 2012, tais cultivos tiveram uma redução significativa, chegando a prejudicar até cultivos sequeiros, como é o caso da cultura da castanha do caju, e também os cultivos irrigados, onde as reduções dos níveis dos reservatórios obrigaram a restrições de disponibilidade hídrica para irrigação, a exemplo do PISG.

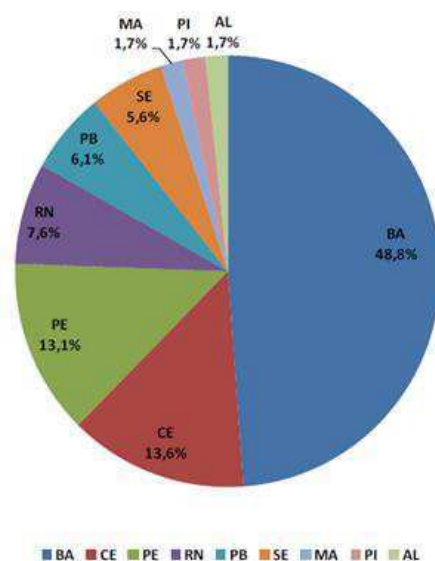
Dividindo a produção por seus estados (Gráfico 2), pode-se observar que a Bahia é o maior produtor, seguida por Ceará e Pernambuco.

Gráfico 1 - Participação percentual das principais frutas no valor de produção da fruticultura nordestina.



Fonte: IBGE (2016).

Gráfico 2 - Participação percentual dos estados no valor da produção da fruticultura no Nordeste.



Fonte: IBGE (2016).

Na Bahia isso se deve ao cultivo do cacau que ocupa mais de 500 mil hectares, e este estado detém 100% da produção dessa cultura. O Ceará tem se sobressaído na produção de frutas, devido ao fato de poder contar com numerosos e importantes perímetros irrigados que tem dado sustentação e elevado a produção de frutas como a banana, coco, melancia, melão, goiaba e maracujá, enquanto que, o estado do Pernambuco tem sua produção concentrada na bacia do São Francisco, e pode ser destacado como o maior produtor do nordeste de uva e

goiaba. A bacia do São Francisco tem favorecido o crescimento da agricultura irrigada não somente do estado do Pernambuco, mas também da Bahia, Sergipe, Alagoas e Minas Gerais (VIDAL, 2016).

Ultimamente a Paraíba tem se destacado na produção de abacaxi e mamão, tendo perdido espaço na produção de coco, onde seu principal fator foi a decadência do maior produtor do estado que era o PISG.

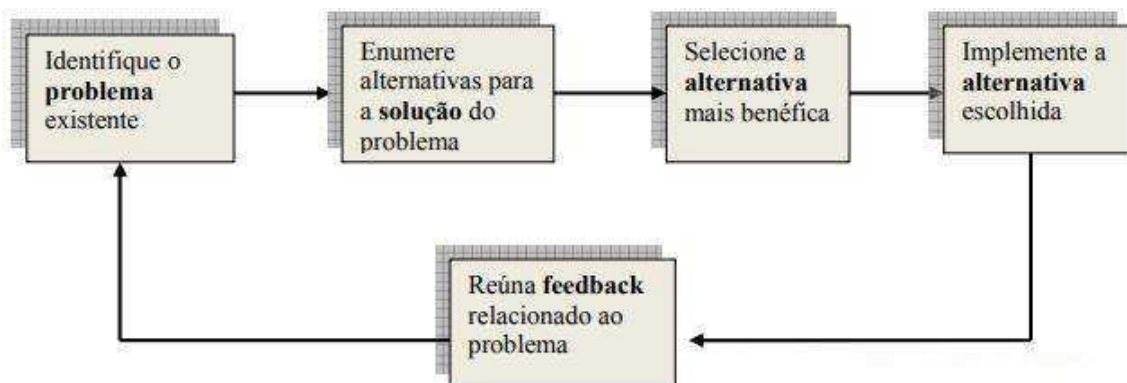
2.3 - Tomada de Decisão

Buscando esclarecer a forma como os homens se comportavam nas organizações, Herbert Simon no ano de 1947 lançou seu livro intitulado de Comportamento Administrativo, e junto a ele tem início a Teoria das Decisões onde é determinado que “...cada pessoa participa racional e conscientemente, escolhendo e tomando decisões individuais a respeito de alternativas racionais de comportamento.” (CHIAVENATO, 2003, p.347).

Os autores Costa e Silva (2016), alertam que por mais simples que pareça o processo decisório, por mais comum que seja, sempre vai conter ganhos e perdas em situações que por diversas vezes não será possível prever. Assim sendo, um mesmo processo decisório pode resultar em decisões e resultados distintos com diferentes níveis de relevância.

Chiavenato (2010) corrobora com os autores anteriores quando afirma que no processo decisório há a possibilidade de erros, pois este sofre influências de particularidades pessoais e do entendimento do decisor. Visando diminuir esses erros e encontrar a alternativa mais adequada, é necessário organizar um processo pelo qual algumas etapas devam ser seguidas, conforme ilustra a Figura 4 a seguir:

Figura 4 – Modelo do processo de tomada de decisão.



Fonte: Certo (2005).

É muito importante deixar bem claro que um processo estruturado não pode ser dado como garantia de êxito na decisão, mas é capaz de permitir a possibilidade de uma escolha mais lógica, coesa e mais distante de erros.

Para Trojan (2012), os métodos de apoio a decisão apresentam a capacidade de relacionar todas as características mais relevantes, considerando tanto o olhar científico como o subjetivo, tornando possível a nitidez e a distribuição quanto aos problemas no processo decisório. O autor ainda frisa que a análise multicritério não é capaz de apresentar uma solução permanente para o problema, mas de acordo com as alternativas encontradas é capaz de destacar a mais adequada.

Em meados dos anos 1970, apareceram os primeiros métodos de análise multicritério de apoio à decisão, com o objetivo de ajudar o decisor a solucionar problemas com fins conflitantes e também amparar em todo o processo fazendo com que os elementos ligados a tal fossem transparentes e os resultados das ações potenciais. Desse modo, para os casos que detinham diversos objetivos era empregada uma forma de abordagem diferenciada, e dessa maneira, a metodologia era capaz de proporcionar diversas formas de visualizar os problemas, assim como acomodava procedimentos muito diferentes (CAMPOS, 2011).

2.3.1 - Método de Análise Multicritério

Segundo Curi e Curi (2010a), a análise multicritério tem os seus objetivos voltados simplesmente para estruturar o problema e ajudar no processo de escolha que envolva entre duas ou mais alternativas para decisão. De uma forma bem simples, pode-se dizer que os métodos multicriteriais servem para apoiar no processo decisório e não simplesmente detectar a solução.

Em consonância com os autores, Dutra e Molin (2013) confirmam que tal método é capaz de fornecer apoio a tomada de decisões, procurando trabalhar problemas complexos e dando ao decisor alternativas que partem de um conjunto de critérios diante os entendimentos do mesmo, buscando ainda fornecer conhecimento, proporcionando uma melhor compreensão de todas as variáveis que envolvam essa tomada de decisão.

Para a seleção do método multicritério ocorra de forma satisfatória, é indispensável levar em consideração a natureza do problema em questão, quais os seus critérios, como a modelagem será tratada e a predileção do decisor. Vale deixar bem claro, que tal método não deve ser escolhido somente por facilidade/comodidade de utilização de um software, ou até

mesmo por popularidade, fazendo com que a modelagem não seja empregada adequadamente e obtenha um resultado insatisfatório, de modo, que não se deve deixar de lado as vantagens e desvantagens de cada método (FRANKLIN; FERNANDES, 2012).

Existem diversos métodos de apoio à decisão multicritério, cada qual com sua particularidade, que podem ser aplicados de acordo com o caso identificado, ajudando na seleção das alternativas, em conformidade com a determinação e avaliação dos critérios (GOMES JÚNIOR *et al.*, 2011).

O método AHP é um procedimento muito usado como meio de apoiar na tomada de decisão e conseqüentemente a solução de conflitos. De modo a facilitar o entendimento, estruturação e avaliação, este método divide o problema de forma hierárquica. (FRANKLIN; FERNANDES, 2012)

O método ELECTRE I pode ser considerado como um método que busca fazer uma eliminação sequencial, levando em consideração que seu objeto é selecionar quais os sistemas favoritos pelo maior número de critérios e que não cause nenhuma inadmissibilidade de qualquer critério examinado (ZUFFO *et al.*, 2002).

O método ELECTRE II tem como objetivo optar por sistemas que são escolhidos pelo maior número de critérios e que não excedam um dado nível de insatisfação aceito pelo decisor em nenhum dos critérios examinados. Ao fim, este método elenca um *ranking* de escolhas que não podem ser dominadas e forma um *ranking* de problemas de ordenação (CHAVES *et al.*, 2010).

O ELECTRE III apresenta uma metodologia parecida com a do ELECTRE II, mas o seu emprego está voltado para os falsos critérios. É usado para solucionar problemas de ordenação em situações onde há a existência de apenas um decisor, dando a este a neutralidade ou preferência. Desta forma, o método possibilita examinar situação de incertezas ou dúvidas (CAMPOS, 2011).

O método ELECTRE IV está direcionado para problemas de ordenação que não precisem da aplicação de uso de pesos. Na maioria das vezes isso ocorre quando há algum impedimento de se estimar atributos. De certa forma assemelha-se ao método ELECTRE III, somente na parte inicial da modelagem preferencial (CAMPOS, 2011).

O ELECTRE TRI usado como ajuda na solução de problemas de classificação. Essa classificação vem do confronto entre alternativas que levem em consideração alguma norma, referência ou até mesmo um padrão que seja definido pelo decisor (CAMPOS, 2011).

O MACBETH faz comparações sempre em pares do contraste de interesses entre duas

linhas de ação e permite driblar limitações presentes nos demais métodos, levando em consideração a simplificação do julgamento do decisor (CHAVES *et al.*, 2010).

Dentre os métodos Multicritério um tem grande notoriedade quando se trata de problemas voltados para a escolha de alternativas, sejam elas quantitativas ou qualitativas, é o Método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*), pois é fundamentado de uma forma hierárquica que baseia-se em aprimorar a ordem de dominância, por meio de comparação par-a-par. Este método se apoia em quatro etapas:

- Estruturação hierárquica;
- Estabelecimento das funções de preferência;
- Formação da matriz de avaliação e fluxos de importância;
- Classificação das alternativas.

No Método PROMETHEE o objetivo é repassar para os decisores por meio de preferência de critérios, uma melhor comunicação e compreensão da metodologia de suporte e decisão, e ao mesmo tempo do problema no qual estão envolvidos (GARTNER, 2011).

Tal método se divide em:

- PROMETHEE I – determina uma pré-ordem por meio das alternativas, e é usado em problemática de escolha;
- PROMETHEE II - determina uma pré-ordem integral das alternativas, e é usado em problemática que envolva ordenação;
- PROMETHEE III – aumento da noção de neutralidade, por meio de tratamento probabilístico dos fluxos;
- PROMETHEE IV – utilizado em situações onde as soluções viáveis são contínuas;
- PROMETHEE V – usado para situações em que há problemas em fazer uma seleção do portfólio;
- PROMETHEE VI – usado para problemática que envolva escolha e ordenação. Voltado para às situações nas quais o decisor não seja capaz de determinar um valor fixo de peso para cada critério;
- PROMETHEE – GAIA – é uma ampliação dos resultados do Método PROMETHEE, por meio de ações visuais e interativas.

Merece destaque o método PROMETHEE II, que por sua vez se destaca por ser um método de fácil compreensão usado como forma de auxílio na tomada de decisão, ajudando na escolha de alternativas, desvendando o problema e favorecendo o processo decisório.

(ARAÚJO; ALMEIDA, 2009).

Corroborando com a opinião dos autores acima, outros diversos utilizaram deste mesmo método buscando resultados distintos, mas todos voltados para a tomada de decisão.

Santos (2009) utilizou o Método PROMETHEE para ajudar no processo de escolha das melhores alternativas para intervenções hidráulicas na bacia do Rio Gramame-PB. Como resultado foi observado que o atual sistema hídrico não é capaz de garantir o abastecimento diante a demanda, o que pode comprometer a prática da irrigação. E que há uma variação de ordem das alternativas consoante a preferência escolhida.

Kodikara, Perera e Kularathna (2010) empregaram o PROMETHEE e delimitaram três critérios a fim de conseguir determinar quais seriam os preceitos para o funcionamento dos reservatórios responsáveis pelo abastecimento de água urbana. Dessa maneira, foi possível averiguar qual a predileção dos entrevistados em consonância com os pesos de cada critério proposto. O resultado mostrou-se pertinente a fim de distinguir a preferência do entrevistado em vista aos critérios propostos.

Farias *et al.* (2013) fizeram uso do PROMETHEE a fim de sugerir um modelo de sistema de informações e de tomada de decisão que fosse capaz de ajudar em situações de planejamento das situações de restauração do sistema de redes de distribuição d'água.

Vieira e Curi (2014) empregaram o método PROMETHEE II selecionando um rol de culturas agrícolas por meio da análise de diferentes critérios, a fim de decidir qual a cultura mais viável para ser cultivada no Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa (PIVAS), localizada no mesmo município que o PISG e com situações bastante semelhantes em todos os aspectos (clima, solo, evaporação, demanda hídrica, forma de abastecimentos, culturas já cultivadas, critérios analisados, dentre outros). Foram encontradas como alternativas mais preferíveis para cultivo o Coco e o Maracujá, tendo a Manga como a menos preferível.

Santos e Nóbrega (2017) aplicaram o método PROMETHEE II a fim de decidir qual a melhor alternativa a ser empregada para operação do reservatório de São Gonçalo de acordo com estudo feito por Batista (2013), visando a sua melhor utilização dos recursos, tendo por preocupação a mesma já citada neste trabalho, a escassez de recursos hídricos. A alternativa encontrada foi que quando o reservatório estiver abaixo de 40% de sua capacidade máxima, deverá ser suprimida parte da oferta destinada ao PISG e à irrigação difusa das comunidades ribeirinhas, proporcionando-lhes apenas a “irrigação de salvação”, e caso o volume fique inferior aos 20% da capacidade máxima, deve ocorrer a supressão completa da oferta liberada para a irrigação, tanto a difusa quanto a do Perímetro Irrigado.

3 - METODOLOGIA E TÉCNICAS

3.1 - Classificação da Pesquisa

Quanto à natureza, pode ser classificada como uma pesquisa aplicada porque está voltada para a solução de um dado problema, que seria a seleção de frutíferas viáveis para plantio no PISG. Por ser aplicada, trata de uma situação local e distinta, que terá como resultado uma informação aplicada que vai de encontro as necessidades da sociedade (SOUZA *et al.*, 2007).

Quanto aos objetivos, é classificada como descritiva e exploratória. Descritiva porque descreve o processo de escolha das frutíferas mais viáveis para cultivo, estabelecendo relações entre variáveis sem a interferência do investigador. Exploratória é a fase antecedente a pesquisa, com o intuito conseguir mais informações sobre o tema e orientar seus objetos e técnicas. (GIL, 2010).

Quanto aos procedimentos, classifica-se como bibliográfica e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica se apoia em material que foi criado para um público distinto, foram utilizados vários estudos sobre o assunto, merecendo destaque o Manual de Orçamentos Agropecuário do Banco do Nordeste do Brasil (BNB) do ano de 2006, que trás as informações necessárias para fundamentação para grande maioria dos critérios traçados, na planilha de Orçamento de Frutíferas, sendo necessária a atualização de valores ao preço atual de mercado. Estudo de caso é um método qualitativo, usado com finalidade de procurar explicar à forma e o motivo pelos quais se chegaram a determinada decisão (SOUZA, *et al.*, 2007).

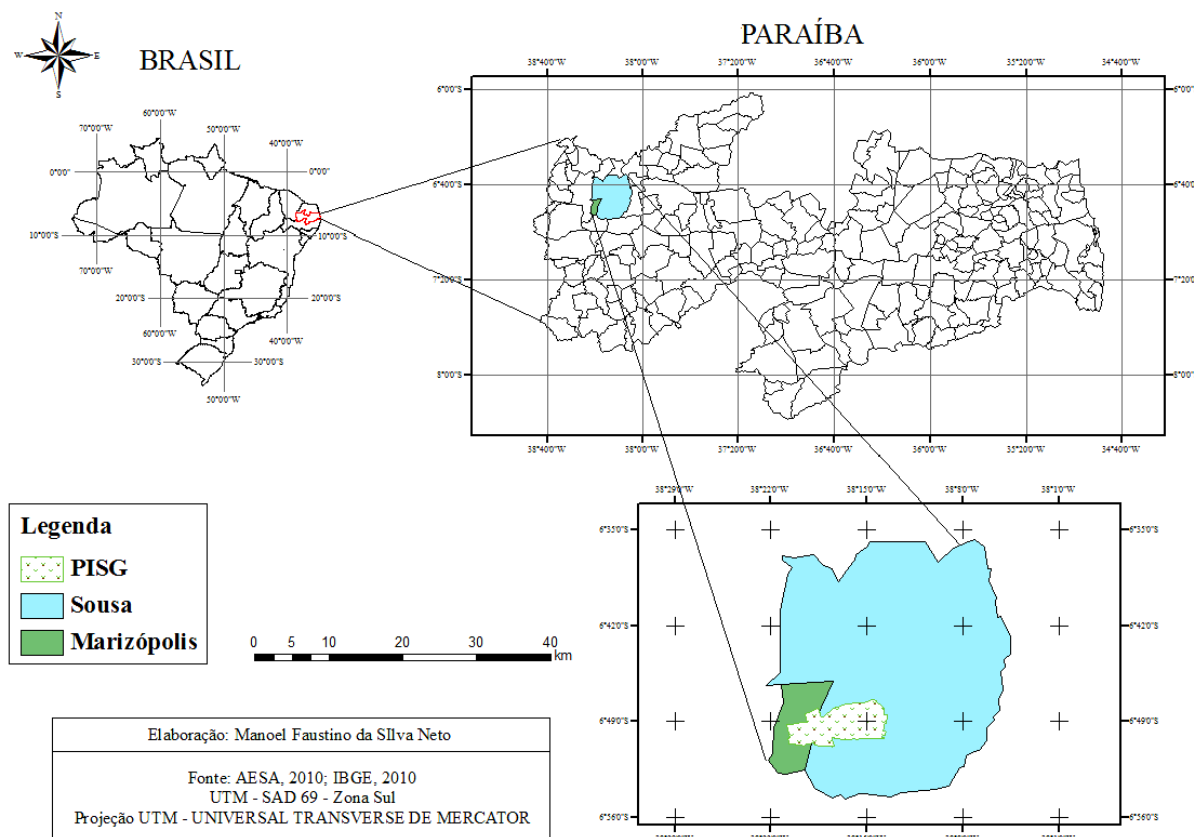
Quanto à abordagem, é classificada como quantitativa, uma vez, que irá empregar técnicas de verificação quantitativas, e também utilizar de dados estatísticos para comprovar uma hipótese, desde daqueles mais simples até os mais complexos (RICHARDSON *et al.*, 2007). Justificando assim, o emprego do Método de Análise Multicritério como forma de elencar o rol de alternativas de frutíferas desde a mais até a menos viável para o cultivo.

Quanto ao local de estudo, a pesquisa foi aplicada tendo como base foi o Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PISG, que está descrito abaixo.

3.2 - Descrição de Área de Estudo

O Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PISG é um distrito do município de Sousa, situado à cerca de 15 km da sede do município e a 440 km da capital da Paraíba, João Pessoa, entre as coordenadas geográficas $06^{\circ} 50' 22''$ S e $38^{\circ} 18' 39''$ W, compreendendo o acampamento administrativo de São Gonçalo e os núcleos habitacionais. O suprimento de água se dava através do açude de São Gonçalo, que possui capacidade de 44600 milhões de m^3 , que também é responsável pelo abastecimento das cidades de Sousa e Marizópolis (GURJÃO *et al.*, 2009).

Figura 5 – Localização do PISG.



Fonte: Silva Neto (2013).

Segundo a EMBRAPA (2006), o Perímetro está inserido em uma região de clima semiárido com chuvas concentradas nos meses de janeiro a abril, proporcionando um longo período de estiagem nos meses restantes do ano, com pluviometria média de 800 mm anual, umidade relativa do ar em torno de 64% e temperaturas que variam entre 25°C e 38°C .

A área abrangente do Perímetro irrigado corresponde a 5.290 ha, porém utilizava-se apenas cerca de 3.212 ha, sendo 2.412 ha irrigáveis e 800 ha para área de sequeiro.

(ANDRADE *et al.*, 2017).

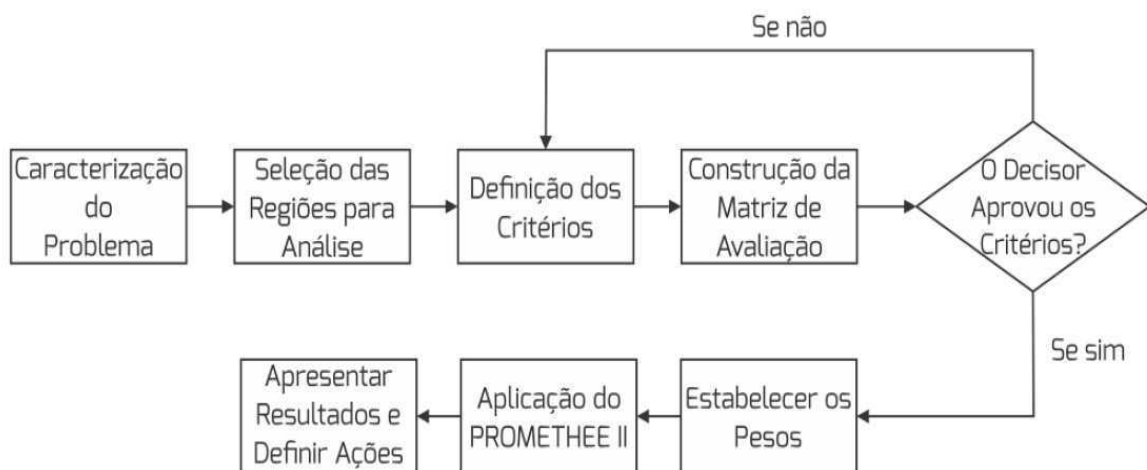
Em pesquisa feita de forma direta aos colonos por meio de questionário, Silva Neto *et al.* (2012) chegou a conclusão que 52% dos agricultores cultivavam coco e banana, sendo a banana tratada como uma cultura muito insipiente; 36% produziam apenas coco; 10 % utilizavam seus lotes para pecuária e apenas 2% para coco, banana, arroz e pecuária.

O método de irrigação mais utilizado na região era o por inundação, sendo o sistema que apresenta o maior gasto de água permitindo o seu acúmulo no solo, além de que o excesso de água dissolve os sais, e com a evaporação os mesmos são direcionados até os horizontes superficiais, proporcionando a concentração justamente nas raízes das plantas. O que pode se justificar a utilização desse método é o baixo custo e a fácil mão-de-obra para a realização do mesmo (BARBOSA *et al.*, 2015).

3.3 - Método PROMETHEE II

A fim de se conseguir alcançar os objetivos traçados, foi escolhida como técnica de análise multicritério o Método PROMETHEE II, onde deve ser tomado por base o fluxograma (Figura 6) proposto por Lopes *et al.* (2016), que demonstra de forma simplificada os pontos que precisam ser seguidos:

Figura 6 - Fluxograma da proposta de modelo.



Fonte: Lopes *et al.* (2016).

Após a caracterização do problema e a seleção das regiões para análise, o decisor precisará definir critérios para as alternativas que possibilitarão/resultarão na construção de uma matriz de avaliação, cabendo ao decisor ponderar se tais critérios serão ou não aceitos. Se

forem aceitos, serão estabelecidos pesos para cada critério e a consequente aplicação do método PROMETHEE II a fim de se conseguir apresentar os resultados e definir ações a serem empregadas, caso contrário, novos critérios deverão ser definidos e dar continuidade ao processo.

Tal método aponta vantagens consideráveis, uma vez que possibilita a avaliação de diferentes cenários incluindo diferentes critérios, desse modo é capaz de proporcionar um amplo leque de informações importantes para auxílio na tomada de decisão como pode ser comprovado por meio do Quadro 1, onde para cada uma das funções são fixados dois parâmetros de intensidade de preferência de uma alternativa em função da outra, onde o valor varia entre 0 (indiferença) e 1 (preferência total).

Quadro 1 – Formas para função de preferência.

Função para o critério i	Gráfico $bP_i a$ $aP_i b$	Parâmetros necessários
Tipo I $P_I(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{se } x_i = 0 \\ 1 & \text{se } x_i \neq 0 \end{cases}$		-
Tipo II $P_{II}(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{se } x_i \leq q_i \\ 1 & \text{se } x_i > q_i \end{cases}$		q_i
Tipo III $P_{III}(x_i) = \begin{cases} x_i /p_i & \text{se } x_i \leq p_i \\ 1 & \text{se } x_i > p_i \end{cases}$		p_i
Tipo IV $P_{IV}(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{se } x_i \leq q_i \\ 1/2 & q_i < x_i \leq p_i \\ 1 & x_i > p_i \end{cases}$		q_i, p_i
Tipo V $P_V(x_i) = \begin{cases} 0 & \text{se } x_i \leq q_i \\ \frac{ x_i - q_i}{p_i - q_i} & q_i < x_i \leq p_i \\ 1 & \text{se } x_i > p_i \end{cases}$		q_i, p_i
Tipo VI $P_{VI}(x_i) = 1 - e^{-x_i^2/2s_i^2}$		s_i

O modelo PROMETHEE II apresenta seis tipos de funções de preferência de acordo com cada critério, são eles:

- Tipo I – (Usual): Não há parâmetro a ser definido;
- Tipo II – (Quase-critério): define-se o parâmetro q (limite de indiferença);
- Tipo III – (Limite de preferência): define-se o parâmetro p (limite de preferência);
- Tipo IV – (Pseudocritério): definem-se os parâmetros q (limite de indiferença) e p (limite de preferência);
- Tipo V – (Área de indiferença): definem-se os parâmetros q (limite de indiferença) e p (limite de preferência);
- Tipo VI – (Critério Gaussiano): o desvio padrão deve ser fixado.

Para cada uma das funções são fixados dois parâmetros de intensidade de preferência de uma alternativa em função da outra, onde o valor varia entre 0 (indiferença) e 1 (preferência total).

A execução do método PROMETHEE II depende da utilização de alguns mecanismos característicos do mesmo, de modo, que o primeiro requisito necessário para a implantação é a definição dos índices de preferência agregados e dos fluxos de hierarquização.

De modo, que o Índice de preferência agregado: sejam $a, b \in A$, e:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^k P_j(a, b) \alpha_j \quad (1)$$

Onde:

– α_j : são considerados os pesos para cada um dos critérios;

– $\pi(a, b)$: são responsáveis por externar de que forma e com que grau “ a ” tem a capacidade de ser preferível a “ b ” acima de todos os critérios e $\pi(b, a)$ manifesta como “ b ” é preferível em função de “ a ”. Comumente $\pi(a, b)$ e $\pi(b, a)$ são positivos, e com as seguintes propriedades:

$$\begin{cases} \pi(a, a) = 0 \\ 0 \leq \pi(a, b) \leq 1 \end{cases} \quad \forall a, b \in A \quad (2)$$

Quando o decisor julga as alternativas relacionadas a cada um dos critérios, ele é capaz de construir sua matriz de preferência, analisando o seu fluxo de importância que pode ser positivo ou negativo.

O Fluxo de Importância Positivo é representado pela expressão:

$$\Phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad (3)$$

Esse fluxo demonstra como uma alternativa “ a ” é capaz de superar as demais, onde $\Phi^+(a)$ representa a força de “ a ”.

O Fluxo de Importância Negativo é representado pela expressão:

$$\Phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (4)$$

Tal fluxo demonstra como a alternativa “ a ” é superada pelas demais, de modo, que $\Phi^-(a)$ representa a fraqueza de “ a ”.

As alternativas são ordenadas tomando por base os valores de $\Phi^+(a)$ e $\Phi^-(a)$, a modo, que uma ordenação parcial de tais alternativas podem ser alcançadas pelo método PROMETHEE I, mas a sua ordenação total somente por meio do método PROMETHEE II determinada por:

- “ a ” é preferido à “ b ” ($a PII b$) se $\Phi^+(a) > \Phi^+(b)$
- “ a ” é indiferente à “ b ” ($a III b$) se $\Phi^+(a) = \Phi^+(b)$

O balanço por meio dos fluxos de importância positivo e negativo possibilita uma escolha fundamentada no maior fluxo líquido de preferência, onde o maior valor corresponderá a melhor alternativa:

$$\Phi(a) = \Phi^+(a) - \Phi^-(a) \quad (5)$$

3.4 - Composição das Alternativas Avaliadas

Foram selecionadas 14 (quatorze) alternativas de frutíferas já cultivadas no Nordeste, adaptadas ao Semiárido e escolhidas segundo sua disponibilidade de dados orçamentários presentes no Manual de Orçamentos Agropecuários do BNB.

Alternativa 01 – Abacaxi;

Alternativa 02 – Acerola;

Alternativa 03 – Banana Pacovan;

Alternativa 04 – Coco Anão;

Alternativa 05 – Goiaba;

Alternativa 06 – Graviola;

Alternativa 07 – Laranja;

Alternativa 08 – Limão Tahiti;

Alternativa 09 – Mamão Havaí;

Alternativa 10 – Manga Tommy;

Alternativa 11 – Maracujá;

Alternativa 12 – Melância;

Alternativa 13 – Melão;

Alternativa 14 – Uva.

3.5 - Definição dos Critérios a serem analisados

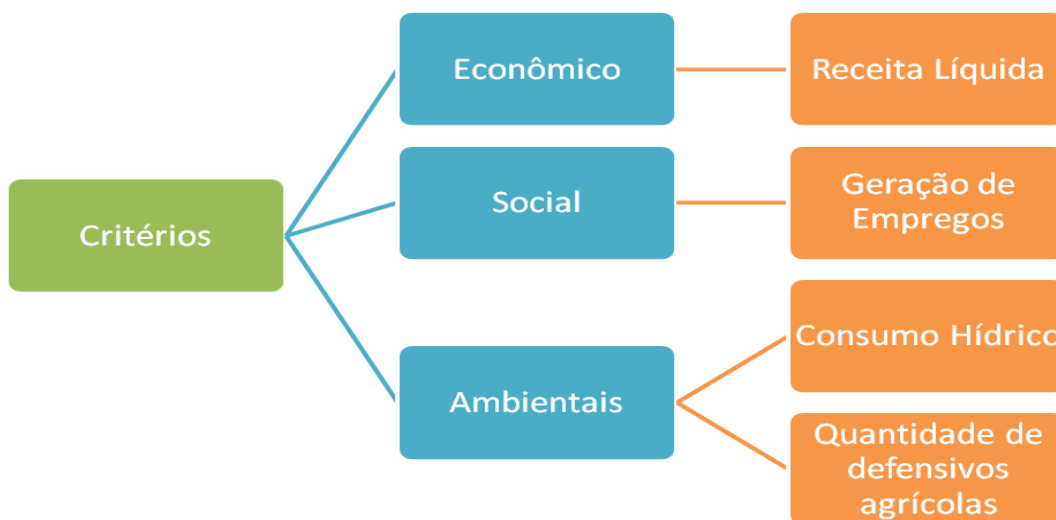
Para Mousseau (1997) *apud* Zambon *et al.* (2005) os critérios podem ser tratados como particularidades passíveis de serem elencados ou até mesmo analisados e que auxiliam na tomada decisão. A procura por soluções de um problema geralmente acontece em um dado espaço onde os elementos são incompatíveis, a modo que, quando há a ascensão de um critério há o declínio de outro.

A fim de auxiliar na tomada de decisão foram traçados os seguintes critérios:

- Econômico;
- Social; e
- Ambientais.

Os critérios a serem analisados foram divididos em subcritérios (Figura 7), de forma a tornar mais fácil a sua quantificação ou qualificação, e classificados segundo o seu objetivo.

Figura 7 – Critérios e subcritérios a serem analisados.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

Os dados relativos aos critérios elencados foram calculados com auxílio das tabelas do Manual de Orçamentos Agropecuários do BNB atualizadas a preço de mercado.

3.5.1 - Critério segundo o objetivo Econômico

O critério de análise com o objetivo econômico foi estabelecido a fim de demonstrar a pretensão do decisor do ponto de vista econômico, e também determinar a sua significância frente aos demais critérios.

O critério econômico é composto pela Receita líquida advinda de cada cultivo, para tanto, foi necessário encontrar a Receita bruta de cada cultivo deduzi-la dos Custos com insumos, mão-de-obra, consumo hídrico e energia elétrica.

A receita bruta é encontrada pela multiplicação da produtividade de cultura por hectare pelo preço de venda, onde o preço de venda foi encontrado pela média de preço dos últimos 12 meses de cada uma das frutas comercializadas no CEASA (Centrais Estaduais de Abastecimento) da cidade de Patos/PB.

A receita líquida é entendida como o resultado da diferença entre a renda bruta total auferida com a venda da safra agrícola e os respectivos custos de produção envolvidos, gerada pela escolha apropriada das áreas a serem irrigadas para cada tipo de cultura prevista nos perímetros irrigados. Para tanto, leva-se em consideração: a renda bruta, obtida com a venda

da produção agrícola, os custos de produção anual, o custo da água para irrigação e o custo de bombeamento da água.

Assim, a receita líquida anual ($RL_{k,j,n}$), por unidade de área, no ano n da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k é dada pela expressão:

$$RL_{k,j,n} = Rb_{k,j,n} - Cp_{k,j,n} - Ca_{k,j,n} - Cb_{k,j,n} \quad (6)$$

Sendo $Rb_{k,j,n}$ a renda bruta anual da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k no ano n; $Cp_{k,j,n}$ o custo de produção anual da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k no ano n; $Ca_{k,j,n}$ o custo da água anual usada na cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k no ano n; $Cb_{k,j,n}$ o custo anual de bombeamento de água para a cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k no ano n;

A renda bruta anual, por unidade de área, da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k no ano n pode ser obtida pela equação:

$$Rb_{k,j,n} = Prod_{k,j,n} \cdot Prc_{k,j,n} \quad (7)$$

Sendo $Prod_{k,j,n}$ a produtividade da cultura agrícola j, por unidade de área, no perímetro ou área irrigada k no ano n; $Prc_j(n)$ o preço atual de comercialização da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k no ano n;

O custo de produção anual, por unidade de área, da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k no ano n são relativos aos gastos com insumos agrícolas, mão de obra e máquinas, entre outros.

O custo da água anual, por unidade de área, da cultura agrícola j captada para o perímetro ou área irrigada k no ano n pode ser obtido pela expressão:

$$Ca_{k,j,n} = Pra_k \cdot CH_{k,j,n} \quad (8)$$

Sendo Pra_k o preço da água por unidade de volume para o perímetro ou área irrigada k.

O custo anual de bombeamento de água, por unidade de área, para a cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k no ano n é obtido através da expressão:

$$Cb_{k,j,n} = \frac{0,02726 \cdot Prb_k \cdot \Delta H_{k,j} \cdot CH_{k,j,n}}{\eta_k} \quad (9)$$

Sendo Prb_k o preço da energia (em R\$/Kwh) para o perímetro ou área irrigado k ; ΔH_{jkt} a altura manométrica média (em metros de coluna de água), requerido pelo sistema de irrigação da cultura agrícola j e aduzido para o perímetro ou área irrigada k ; η_k a eficiência do sistema de bombeamento do perímetro ou área irrigada k .

3.5.2 - Critério segundo o objetivo Social

Com a chegada das águas por meio da transposição, será necessário todo um trabalho de tratamento do solo, plantio, irrigação, dentre outros, o que culmina na Geração de empregos.

A Geração de emprego é considerada um dos relevantes indicativo de desenvolvimento social, o seu progresso ajuda na evolução de diversos outros itens, como: educação, saúde, lazer, renda, etc (SANTOS, 2009).

A mão-de-obra total empregada MO , por unidade de área, requerida pela cultura agrícola no perímetro ou área irrigada será o número anual de diárias (homem/dia) necessárias para o seu desenvolvimento considerando seu estágio de crescimento.

3.5.3 - Critérios segundo os objetivos Ambientais

O consumo hídrico e a quantidade de uso de defensivos agrícolas são fatores que causam impactos no meio ambiente, mas ambos são critérios que podem ser administrados e que se fazem necessários na produção de frutas por irrigação (SANTOS, 2009).

Recursos hídricos quando mal administrados são capazes de causar um impacto descomunal, seu uso desordenado pode exaurir esse recurso, assim como o seu uso de forma insuficiente pode causar a diminuição ou até mesmo a perda da total produção.

O consumo hídrico da cultura agrícola é determinado como à quantidade de água alocada para irrigação, i.e., a lâmina de rega. A quantidade mensal de água ($Q_{irr,j,k,t}$), por unidade de área, para a irrigação de cada cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k durante o mês t , pode ser obtida pela equação (9):

$$Q_{irr_{k,j,t}} = \frac{NI_{k,j,t}}{(1 - LR_{k,j,t}) \cdot Esis_{k,j} \cdot Eap_j} \quad (10)$$

Sendo $NI_{k,j,t}$ a necessidade hídrica suplementar da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k durante o mês t ; $LR_{k,j,t}$ a necessidade de lixiviação dos sais para a cultura agrícola j no mês t no perímetro ou área irrigada k ; $Esis_{k,j}$ a eficiência do sistema de irrigação para cada cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k e Eap_j a eficiência da aplicação da irrigação por cultura agrícola j .

A necessidade hídrica suplementar ($NI_{k,j,t}$) ou a lâmina de rega suplementar que a planta necessita, para cada intervalo de tempo do seu ciclo vegetativo, pode ser estimada por:

$$NI_{k,j,t} = ETP_{k,j,t} - Pe_{k,t} - G_{k,j,t} - W_{k,t} \quad (11)$$

Sendo $Pe_{k,t}$ a taxa de precipitação que infiltra no solo, que fica efetivamente a disposição das plantas no mês t no perímetro ou área irrigada k , chamada de precipitação efetiva; $G_{k,j,t}$ a dotação de água à zona radicular da cultura j durante o mês t por capilaridade que depende do tipo de solo e do nível do lençol freático no perímetro ou área irrigada k e $W_{k,t}$ a reserva de água no solo no início do mês t que depende da capacidade de armazenamento de água no solo no perímetro ou área irrigada k . $ETP_{k,j,t}$ a taxa de evapotranspiração potencial da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k durante o mês t , que pode ser estimada, de forma aproximada, por:

$$ETP_{k,j,t} = kc_{j,t} \cdot ET0_{k,t} \quad (12)$$

Sendo $kc_{j,t}$ o coeficiente de cultivo mensal da cultura agrícola j que reflete a sua necessidade hídrica no mês t e $ET0_{k,t}$ a evapotranspiração de referência no mês t no perímetro ou área irrigada k .

A precipitação efetiva $Pe_{k,t}$ pode ser estimada pelo método desenvolvido pelo Soil Conservation Service do United States Department of Agriculture – SCS/USDA, em 1969, (Doorenbos e Pruitt, 1977) relaciona a precipitação mensal com a evapotranspiração potencial da cultura agrícola j no mês t , como apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores da precipitação efetiva em função da evapotranspiração potencial da cultura agrícola e da precipitação média mensal - Método USDA/SCS.

		Precipitação (mm/mês)															
		12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187,5	200
Evapotranspiração potencial (mm/mês)		Precipitação efetiva (mm/mês)															
		25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400
25	8	16	24														
50	8	17	25	32	39	46											
75	9	18	27	34	41	48	56	62	69								
100	9	19	28	35	43	52	59	66	73	80	87	94	100				
125	10	20	30	37	46	54	62	70	76	85	92	98	107	116	120		
150	10	21	31	39	49	57	66	74	81	89	97	104	112	119	127	133	
175	11	23	32	42	52	61	69	78	86	95	103	111	118	126	134	141	
200	11	24	33	44	54	64	73	82	91	100	109	117	125	134	142	150	
225	12	25	35	47	57	68	78	87	96	108	115	124	132	141	150	159	
250	13	25	38	50	61	72	84	92	102	112	121	132	140	150	158	167	

Fonte: Elaboração própria, 2018.

Para a determinação da necessidade de lixiviação dos sais ($LR_{j,k,t}$) dissolvidos que se acumulam no solo cultivado utilizou as equações propostas por Rhoades e Merrill (1976 apud Gomes, 1999):

- Para irrigação por inundação ou aspersão de baixa frequência:

$$LR_{j,k,t} = \frac{CEa_{k,t}}{5 \cdot CE_j - CEa_{k,t}} \quad (13)$$

- Para irrigações de alta frequência (gotejamento e microaspersão):

$$LR_{j,k,t} = \frac{CEa_{k,t}}{5 \cdot CE_j} \quad (14)$$

Sendo $CEa_{k,t}$ a condutividade elétrica da água de irrigação aduzida para o perímetro ou area irrigada k durante o mês t (em dS/m), medida a 25 °C; CE_j a condutividade elétrica do extrato de solo saturado (em dS/m) e que acarreta uma determinada redução no rendimento potencial da cultura agrícola j .

Conforme sugerido por Ayers e Westcot (1985 apud Gomes, 1999), escolhe-se o valor de CE_j que acarreta uma redução 10% do rendimento potencial da cultura agrícola j para a aplicação da Equação 12 e de 100% para a aplicação da Equação 13.

Assim o consumo hídrico anual ($CH_{k,j,n}$), por unidade de área, no ano n da cultura agrícola j no perímetro ou área irrigada k será dado por:

$$CH_{k,j,n} = \sum_{t=12(n-1)+1}^{12(n-1)+12} Q_{irr,k,j,t} \quad (15)$$

A utilização de defensivos agrícolas tem como objetivo o combate de pragas e outros tipos de organismos que podem prejudicar a produção, entretanto, o uso desse tipo de insumo não se restringe somente a contaminação do ecossistema, mas também tem reflexos assombrosos sobre a saúde pública que se estende tanto aos trabalhadores rurais, quanto aos consumidores.

A quantidade de defensivos agrícolas Def, por unidade de área, utilizada por cada cultura agrícola no perímetro ou área irrigada será a quantidade anual desse insumo considerando cada estágio de desenvolvimento.

3.6 - Pesos dos Critérios e Funções de Preferência

Estudos que utilizam a análise multicritério, em sua grande maioria, fazem emprego da utilização de questionários a fim de conseguir apresentar nos pesos de cada um dos critérios os desejos e vontades dos participantes que estão da pesquisa. Contudo, seria um trabalho de extenso, levando em consideração aos obstáculos de acesso, e também podendo não ser fidedigno o bastante. Ainda é possível destacar como alguns obstáculos primordiais os diferentes graus de instrução dos respondentes, a cultura, dentre outros fatores que podem fazer que tal questionário possa ser simples demais ou muito complexo, ou até o simples fato do aplicador tentar explicar melhor alguma das questões dando um ar tendencioso a alguma das alternativas, o que seria decepcionante (Santos *et al*, 2005).

Entretanto, a subjetividade que cabe ao julgamento humano estará presente, de forma, que será adotada uma série de pesos impostos a cada um dos critérios examinados, onde os valores empregados passam por uma variação de 0 a 100%, em um crescimento gradativo de 25%, perfazendo um total de 33 cenários presentes no Apêndice 1.

Ao utilizar o Método PROMETHEE II para se determinar a preferência por uma dada alternativa em função de outra de acordo com cada critério, é necessário a presença da função de preferência. A função de preferência escolhida para esse caso foi a Tipo I, onde de forma simples pode-se dizer que: há uma indiferença entre duas alternativas a e b, se $f(a) = f(b)$; caso a avaliação entre ambas for diferente, existe a preferência pela alternativa que foi melhor avaliada. Nesse tipo de função não há a necessidade de se estabelecer parâmetros (Carvalho,

2013).

É possível comprovar isso na Tabela 2.

Tabela 2 – Função de Preferência para os critérios

Dimensões	Critério	Objetivo	Unidades	Função de Preferência
				Tipo
Econômico	Receita Líquida	Max	R\$/ha/ano	I
Social	Geração de Empregos	Max	Diárias/ha/ano	I
Ambiental	Consumo Hídrico	Min	L/ha/ano	I
	Qtd de Defensivos Agrícolas	Min	M ³ /ha/ano	I

Fonte: Elaboração própria, 2018.

Para análise dos dados e cálculo do *ranking* das alternativas foi utilizado o *software* Visual PROMETHEE Academic Edition, version 1.4.0.0.

3.7 - Matriz de Avaliação

A Matriz de Avaliação apresentada na Tabela 3 é montada a partir dos dados coletados e processados dentro de um intervalo de tempo de 23 (vinte e três) anos, onde os valores médios de cada critério são calculados por hectare para cada umas das 14 (quatorze) alternativas/culturas e que estão classificadas em 3 (três) dimensões que foram subdivididos em 4 (quatro) critérios.

Tabela 3 – Matriz de Avaliação

Cultura	Receita Líquida R\$/ha/ano	Geração de Empregos Diárias/ha/ano	Consumo Hídrico L/ha/ano	Defensivos M ³ /ha/ano
Abacaxi	42011,44	243,00	16251,77	31,50
Acerola	31397,86	297,79	22726,08	5,96
Banana	38097,30	212,96	15021,06	6,92
Coco	30100,79	116,13	16346,72	11,71
Goiaba	17126,26	150,17	12212,40	12,27
Graviola	17590,03	171,67	14461,26	5,88
Laranja	56876,74	156,75	14463,39	7,83
Limão	46383,68	138,42	14463,39	7,83
Mamão	15167,60	192,33	20284,29	13,33
Manga	13347,19	150,88	14588,18	5,96
Maracujá	14881,19	167,00	20091,39	6,33
Melância	32851,27	345,00	12806,93	15,00
Melão	44380,83	411,00	11280,83	18,00
Uva	78996,37	666,67	12284,92	78,00

Fonte: Elaboração própria, 2018.

É importante ressaltar que a cultura da Melância e do Melão tem um ciclo de produção de 90 dias. E o Mamão e o Maracujá tem um ciclo máximo de produção de três anos, sendo necessário o replantio de tais culturas.

4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após tabulação e organização dos dados, foram encontradas as alternativas mais e menos viáveis diante da aplicação do Método Multicritério e estão detalhados nos Apêndices 1 e 2 ao fim deste trabalho.

Considerando o resultado obtido por meio da aplicação do Método PROMETHEE II, as alternativas mais viáveis para cultivo de acordo com o critério econômico Receita Líquida foram a Uva e a Laranja, em contrapartida, como as menos viáveis tivemos o Mamão, Manga e Maracujá.

A Tabela 4 apresenta o resultado encontrado, para as alternativas que tiveram um alto grau de importância (peso maior que 75%) para um dado critério em função da aplicação do Método PROMETHEE II.

Tabela 4 – Culturas mais viáveis e menos viáveis de acordo com o Critério Econômico Receita Líquida.

Cenários	Peso do critério	Cultura		Observação
	Receita Líquida	Alternativa mais viável	Alternativa menos viável	
30	0,75	Laranja ⁴	Mamão ⁴	Quando considerar juntamente um peso de 25% para o critério: 1 - Receita Líquida; 2 - Mão-de-obra; 3 - Consumo Hídrico; 4 - Defensivos Agrícolas.
31	0,75	Uva ³	Maracujá ³	
32	0,75	Uva ²	Manga ²	
33	1	Uva	Manga	

Fonte: Elaboração própria, 2018.

A cultura da Uva foi a mais preferível, a Laranja lidera somente quando se leva em consideração a soma do peso de 25% para o critério quantidade de utilização de Defensivos Agrícolas.

A Tabela 5 apresenta o *ranking* para o Critério Social Geração de Empregos, as alternativas encontradas como mais viáveis foram a Uva e a Acerola. A cultura da Acerola é considerada mais viável quando também se leva em consideração o critério da quantidade de defensivos agrícolas, enquanto que, a menos viável por unanimidade foi o do Coco.

Tabela 5 – Culturas mais viáveis e menos viáveis de acordo com o Critério Social Geração de Empregos.

Cenários	Peso do critério	Cultura		Observação
	Geração de Empregos	Alternativa mais viável	Alternativa menos viável	
12	0,75	Acerola ⁴	Coco ⁴	Quando considerar juntamente um peso de 25% para o critério: 1 - Receita Líquida; 2 - Mão-de-obra; 3 - Consumo Hídrico; 4 - Defensivos Agrícolas.
13	0,75	Uva ³	Coco ³	
14	1	Uva	Coco	
24	0,75	Uva ¹	Coco ¹	

Fonte: Elaboração própria, 2018.

A quantidade de empregos gerados com a cultura do Coco é menor, devido ao fato da mesma ser mais resistente a pragas, ao solo salino, ao clima da região, não necessitando de poda, sua irrigação em maioria acontece por inundação e não necessitando de mão-de-obra numerosa e qualificada, dentre outros fatores, gerando um número bem menor de empregos comparados a outras culturas.

De acordo com a Tabela 6, quanto ao critério do Consumo Hídrico, as culturas mais viáveis são o Melão e a Goiaba, enquanto que, os menos viáveis foram o Mamão, a Acerola e o Coco.

Tabela 6 – Culturas mais viáveis e menos viáveis de acordo com o Critério Ambiental Consumo Hídrico.

Cenários	Peso do critério	Cultura		Observação
	Consumo Hídrico	Alternativa mais viável	Alternativa menos viável	
4	0,75	Goiaba ⁴	Mamão ⁴	Quando considerar juntamente um peso de 25% para o critério: 1 - Receita Líquida; 2 - Mão-de-obra; 3 - Consumo Hídrico; 4 - Defensivos Agrícolas.
5	1	Melão	Acerola	
8	0,75	Melão ²	Coco ²	
18	0,75	Melão ¹	Mamão ¹	

Fonte: Elaboração própria, 2018.

Quanto ao critério ambiental da Quantidade de Defensivos Agrícolas, a Graviola é considerada a cultura mais viável, necessitando do menor número de defensivos entre todas as demais culturas. As menos viáveis foram o Abacaxi e a Uva.

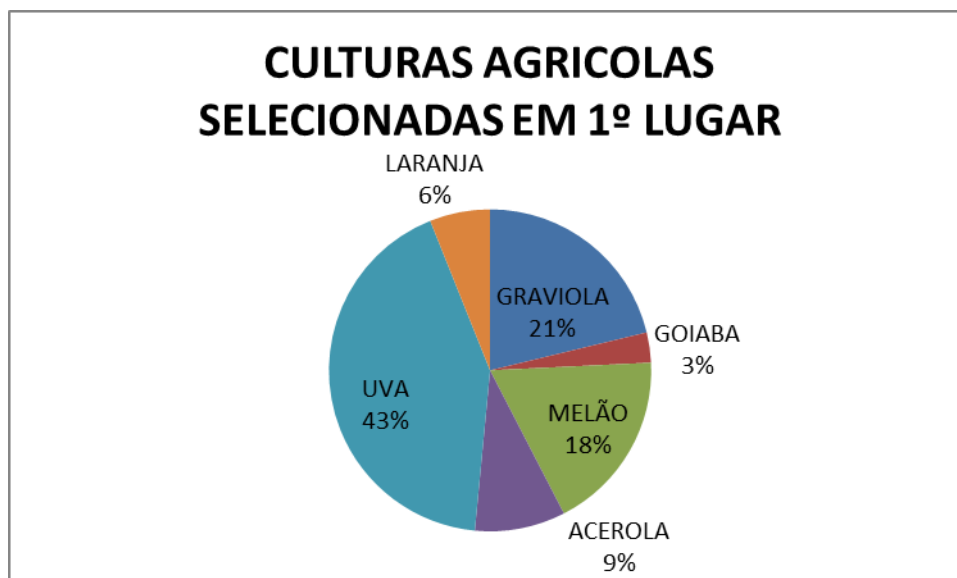
Tabela 7 – Culturas mais viáveis e menos viáveis de acordo com o Critério Ambiental Quantidade de Defensivos Agrícolas.

Cenários	Peso do critério	Cultura		Observação
	Defensivos Agrícolas	Alternativa mais viável	Alternativa menos viável	
1	1	Graviola	Uva	Quando considerar juntamente um peso de 25% para o critério: 1 - Receita Líquida; 2 - Mão-de-obra; 3 - Consumo Hídrico; 4 - Defensivos Agrícolas.
2	0,75	Graviola	Abacaxi	
6	0,75	Graviola	Abacaxi	
15	0,75	Graviola	Abacaxi	

Fonte: Elaboração própria, 2018.

Fazendo um ranking geral de todos os cenários com as alternativas que foram classificadas em primeiro lugar em qualquer um dos critérios escolhidos, temos:

Gráfico 3 – Ranking das Culturas mais viáveis.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

Tabela 8 – Ranking das culturas mais viáveis

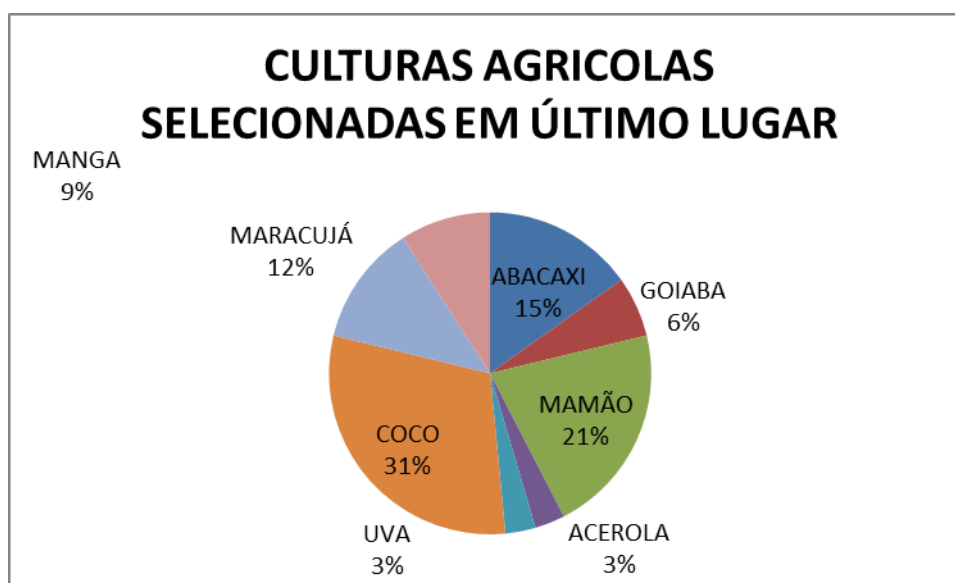
Ranking	Alternativa	Número de vezes que foi julgada a mais viável	%
1º	Uva	14	42,42
2º	Graviola	7	21,21
3º	Melão	6	18,19
4º	Acerola	3	9,09
5º	Laranja	2	6,06
6º	Goiaba	1	3,03

Fonte: Elaboração própria, 2018.

Ao fazer uma análise total das alternativas dentre todos os critérios, foi possível constatar que a Uva foi considerada a cultura mais viável para cultivo, que apesar de ser considerada a cultura mais rentável economicamente e também a que é capaz de gerar o maior número de empregos, mas em contrapartida é a que mais necessita do uso dos defensivos agrícolas.

Estabelecendo uma ranking geral das culturas menos viáveis, temos como líder a cultura do coco, indo

Gráfico 4 – Ranking das Culturas menos viáveis.



Fonte: Elaboração própria, 2018.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados encontrados, analisando os critérios de forma individual, a Uva foi considerada a alternativa mais viável tanto no critério econômico Receita Líquida, quanto no critério no critério social Geração de Empregos. O Melão se destacou no critério Ambiental Consumo Hídrico, e a Graviola foi absoluta quanto a Quantidade de Uso de Defensivo Agrícola. E como menos viáveis seguindo a mesma sequência de critérios, temos a Manga, o Coco, o Mamão e o Abacaxi.

Fazendo um *ranking* geral com todos os critérios, a Uva continua como a cultura considerada como mais viável para plantio no Perímetro Irrigado de São Gonçalo após a chegada das águas do Rio São Francisco e a normalização do nível da água do reservatório e sua consequente liberação para irrigação. Podendo se recomendar também o plantio da Graviola e do Melão. Com relação as culturas menos viáveis fazendo também um *ranking* geral de todos os critérios, temos o Coco, o Mamão e o Abacaxi.

A Uva é uma cultura que ganhou espaço no Nordeste brasileiro principalmente na bacia do São Francisco no estado de Pernambuco. Conforme resultado encontrado na pesquisa, percebe-se que dentre as demais culturas ela é considerada a mais viável, sendo capaz de maximizar as receitas e a geração de empregos, mas que também pede uma alta demanda de defensivos agrícolas. Anteriormente a crise hídrica o PISG tinha sua produção de sua quase totalidade voltada para o Coco e a Banana, merecendo destaque a cultura do Coco, que neste trabalho foi considerada o menos viável. Mas mesmo tendo a Uva como a melhor alternativa, tem que se levar em consideração o grau de conhecimento dos colonos a respeito dessa alternativa desde a preparação do solo, plantio, poda, uso de defensivos, colheita, transporte e comercialização, porque de nada adiantará ter uma cultura considerada viável, mas não ter o domínio sobre a mesma.

O resultado encontrado não deve ser tratado como definitivo ou verdade absoluta, uma vez, que este estudo levou em consideração apenas critérios quantitativos, ficando de fora dados importantes que fariam parte da pesquisa se houvesse a aplicação de questionários com os colonos a fim de demonstrar fatores qualitativos, como exemplo a sua experiência profissional.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se a formulação de aplicação de questionários com os colonos, a respeito de suas experiências profissionais, pessoais, e pretensões futuras de alternativas para cultivo, a fim de incluí-las as método e ver como este

sofre influência. E também incluir outra função de preferência para aplicação do Método, a exemplo da função Tipo III que estabelece um Limite de Preferência.

Sugere-se ainda a aplicação de outros Métodos de Análise Multicritério, como o Método AHP e ELECTRE II, para se confrontar os resultados encontrados no PROMETHEE II.

6 - REFERÊNCIAS

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Consulta de outorgas - outorgas no município de Sousa**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/consulta-de-outorgas/?produto=municipio&id=210>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

AESA - AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. **Volumes dos Açúdes**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/volumes-de-açúdes/?produto=municipio&id=210>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

ALBUQUERQUE, Fernando Silva; NÚÑEZ, Washinton Peres. **Critérios para a tomada de decisão em obras rodoviárias sustentáveis**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p.151-163, 2010.

ANDRADE, Francisco Edu de et al. **Efeitos da escassez hídrica na economia do perímetro irrigado de São Gonçalo, Paraíba**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Pombal/PB, v.12, n.1,p. <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/5075/4339>>, 2017. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/5075/4339>> Acesso em: 4 jan. 2018

ANDRADE, Maria Francisca Alves de et al. **A repercussão socioambiental da transposição hídrica no semiárido nordestino brasileiro e as demandas de uma gestão participativa**. I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro, Campina Grande - PB, v.1, n.0, 2015. Disponível em: <http://editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/Modalidade_4datahora_29_10_2013_12_18_56_idinscrito_325_060db6eecf839852cd9db58f63859fe0.pdf> Acesso em: 10 dez. 2017

ARAÚJO, Afrânio Galdino de; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. **Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: uma aplicação utilizando o método PROMETHEE**. Gest. Prod., São Carlos, v. 16, n. 4, p. 534-543, Out.-Dez. 2009.

BANCO DO NORDESTE S/A (2006). Manual de Orçamentos Agropecuários. Campina Grande – PB.

BARBOSA, Maria de Fátima Nóbrega et al. **Transferência de gestão da irrigação: um estudo no Perímetro Irrigado de São Gonçalo/PB**. REUNIR - Revista de Administração, Ciências Contábeis e Sustentabilidade, Universidade Federal de Campina Grande, CCJS/UACC - Sousa/PB, v.5, n.2, p.<<http://revistas.ufcg.edu.br/reunir/index.php/uacc/article/view/283>>, 2015. Disponível em: <<http://revistas.ufcg.edu.br/reunir/index.php/uacc/article/view/283>> Acesso em: 11 dez. 2017

BRASIL. Lei n. 9. 433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm> Acesso em: 02 dez. 2017.

CAMPOS, Maria Betânia Aparecida. **Métodos multicritérios que envolvem a tomada de decisão**. 2011. 51 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Matemática, Departamento de Matemática, Universidade Federal de Minas Gerais Instituto de Ciências Exatas, Belo Horizonte, 2011.

CARVALHO, José Ribamar Marques de; CURI, Wilson Fadlo; CURI, Rosires Catão. **Uso da Análise Multicritério na Construção de Um Índice de Sustentabilidade Hidroambiental: Estudo em Municípios Paraibanos**. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, Taubaté - São Paulo, v. 9, n. 2, p.3-26, 2013.

CERTO, Samuel C. **Tomada de decisões**. In:_____. Administração moderna. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2005. cap. 7, p. 123-145.

CHAVES, Maria Cecília de Carvalho et al. **Utilização do método ELECTRE II para avaliação de pilotos no campeonato de Fórmula 1**. Produção, v. 20, n. 1, p.102-113, mar. 2010.

CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 630 p.

CHIAVENATO, Idalberto. **Comportamento organizacional: a dinâmica do sucesso das organizações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 539 p.

COSTA, Carlos Germano Ferreira; SILVA, Edson Vicente da. **O que Realmente Importa no Processo de Tomada de Decisão Considerando Políticas Públicas Baseadas em Evidência**. Revista Administração em Diálogo - Rad, v. 18, n. 2, p.1-20, 20 jul. 2016. Revista Administração em Dialogo.

CURI, Wilson Fadlo; CURI, Rosires Catão. **Análise Multicriterial. Material da disciplina de Otimização em Recursos Naturais**. Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais (Doutorado) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, Ago/Out, 2010a

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. (Irrigation and drainage paper, 24).

DNOCS - DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA A SECA. **Perímetros públicos irrigados**. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/>. Acesso em: 11 mar. 2018.

DUTRA, Ademar. MOLIN, Luiz Henrique Dal. **Estudo de caso: Proposta de modelo multicritério de avaliação de desempenho: um estudo de caso na secretaria municipal de indústria e comércio de Tubarão/SC**. Revista Interdisciplinar Científica Aplicada, Blumenau. V.7, n.1, p.15-47, TRI I, 2013. ISSN 1980-7031.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed, Brasília: Embrapa Produção de Informação. Rio de Janeiro, 2006, 306p.

FAO - Food and Agriculture Organization. FAOSTAT. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **Divisão de estatística**. 2016. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

FARIAS, A. P. da S.; FONTANA, M. E.; MORAIS, D. C. Modelo de Sistema de Informação e Decisão para Intervenções de Reabilitação em Redes de Distribuição de Água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n.2, abr./jun., 2013, pp. 55-65.

FRANKLIN, Rafael Barbosa; FERNANDES, Priscila Pereira. **Métodos de tomada de decisão para empresas de pequeno e médio porte: uma abordagem multicritério**. Revista ADMpg Gestão Estratégica, Ponta Grossa, v. 5, n. 1, p.129-136, nov. 2012.

FREITAS, Kátia Gonçalves de. **Agricultura Irrigada e (DES) construção de Territórios – O caso de São Gonçalo, Sousa/PB**. Dissertação de Mestrado. UFPB, Campina Grande, 1999.

GARTNER, Ivan Ricardo. **Avaliação ambiental de projetos em bancos de desenvolvimento nacionais e multilaterais: evidências e propostas**. Brasília: Editora Universa, 2001.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5ª ed. São Paulo, Atlas, 2010.

GOMES, H. P. (1999). **Engenharia de Irrigação Hidráulica dos Sistemas Pressurizados, Aspersão e Gotejamento**. Editora Universitária – UFPB, Campina Grande-PB, 3ª Edição. 412p.

GOMES, Ramonildes Alves. **A qualidade de vida das famílias no Perímetro Irrigado de São Gonçalo: ethos e racionalidade**. 2005. 234 p. Tese (Doutorado em Sociologia)- Universidade Federal do Pernambuco - UFPE, Recife/PE, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/9781>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

GOMES JÚNIOR, Silvio Figueiredo et al. **Integração de métodos multicritério na busca da sustentabilidade agrícola para a produção de tomates no município de São José de Ubá-RJ**. Pesquisa Operacional, v. 31, n. 1, p.157-171, abr. 2011

GURJÃO, Katia Cristina de Oliveira et al. **Avaliação das Condições Ambientais do Açude de São Gonçalo-Pb**. **Revista Brasileira de Agroecologia**, [S.l.], v. 4, n. 2, dec. 2009. ISSN 1980-9735. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/8539>>. Acesso em: 20 apr. 2018.

HERMANS, C.; ERICKSON, J.; NOORDEWIER T.; SHELDON, A; KLINE, M. Collaborative environmental planning in river management: An application of multicriteria decision analysis in the White River Watershed in Vermont. **Journal of Environmental Management**, v. 84, p. 534–546, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=27&i=P>>. Acesso em: 11 fev. 2018.

KODIKARA, P.N.; PERERA, B. J. C.; KULARATHNA, M. D. U. P. Stakeholder preference

elicitation and modelling in multi-criteria decision analysis - A case study on urban water supply. **European Journal of Operational Research**, v. 206, p.209-220, 2010.

LOPES, João Victor Nunes et al. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXXVI, 2016, João Pessoa/PB. **Proposta de um modelo multicritério de apoio a decisão para priorização de regiões northeriograndenses atingidas pela estiagem...** [S.l.: s.n.], 2016. 14 p. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_231_348_29994.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2018.

NYS, Erwin de et al. **Um procedimento de consultoria para melhorar a gestão dos perímetros irrigados coletivos do nordeste brasileiro**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 22, n. 2, p. 365-380, maio/ago. 2005.

PORTAL CZN. **Seca no alto sertão da paraíba leva agricultores a mudar de profissão**. Cajazeiras/PB, 2015. Disponível em: <<http://portalczn.com.br/seca-alto-sertao-da-paraiba-leva-agricultores-mudar-de-profissao/>>. Acesso em: 20 fev. 2018.

QUEIROZ, Claudia Nascimento de. **O Processo de Construção da Pequena Produção(Familiar) Modernizada – (O Caso do Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB)**. Dissertação de Mestrado. UFPB, Campina Grande, 1993.

RICHARDSON, Roberto Jarry; et al. **Pesquisa Social Métodos e Técnicas**. PERES, José A. de S.; et. al. (Colab.). 3 ed. 7 reimpressão. São Paulo: Atlas, 2007, p. 334.

SANTOS, Rosinete Batista dos. **Avaliação de intervenções hidráulicas na Bacia do Rio Gramame-PB com o uso das técnicas de análise multiobjetivo e multicriterial**. 2009. 202 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Doutorado em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande /PB, 2009.

SANTOS, Valterlin da Silva; NÓBREGA, AílaKatamara Queiroga. **Análise multicriterial no auxílio de tomada de decisão: Estudo de caso no reservatório São Gonçalo**, Paraíba. REVISTA VERDE DE AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, v. 12, p. 837-842, 2017. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/5476>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

SILVA, Semirames do Nascimento *et al.* Efeitos da escassez hídrica na economia do perímetro irrigado de São Gonçalo, Paraíba. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, Pombal/pb, v. 12, n. 1, p. 132-137, jan./mar. 2017. Disponível em: <<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/rvads/article/view/5075>>. Acesso em: 11 set. 2017.

SILVA NETO, Manoel Faustino da et al. Análise do perfil agrícola do perímetro irrigado de São Gonçalo-PB. **Applied Research &Agrotechnology**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 155-172, oct. 2012. ISSN 1984-7548. Available at: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1695>>. Date accessed: 31 mar. 2018. doi:<<https://doi.org/10.5777/paet.v5i2.1695>>.

SILVA NETO, Manoel Faustino. **A problemática da salinização do solo no perímetro**

irrigado de São Gonçalo - PB. 2013. 139f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa, 2013. Disponível em: <<http://tede.biblioteca.ufpb.br:8080/handle/tede/5838>> Acesso em: 9 set. 2017

SOUZA, A. C. de; FIALHO, F. A. P.; OTANI, N. **TCC – Métodos e Técnicas.** Florianópolis, Visual Books, 2007, p. 160.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO - TCU. **Levantamento sobre os perímetros irrigados do nordeste e o impacto na produção agropecuária.** Ficha-Síntese, 2015. Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/levantamento-sobre-os-perimetros-irrigados-do-nordeste-e-o-impacto-na-producao-agropecuaria-1.htm>>. Acesso em: 11 fev. 2018.

TROJAN, Flavio. **Modelo Multicritério para Apoiar Decisões na Gestão da Manutenção de Redes de Distribuição de Água para a Redução de Custos e Perdas.** Tese (Doutorado) – 55 p. Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

VIDAL, Maria De Fátima; XIMENES, Luciano J. F.. Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização. **Caderno setorial etene - escritório técnico de estudos econômicos do nordeste- bnb**, [S.L.], n. 2, p. 18-26, out./2016. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/documents/80223/1138347/3_fruta.pdf/e5f76cc8-c25a-ff08-6402-9d75f3708925>. Acesso em: 18 fev. 2018.

VIEIRA, Allan Sarmento; SANTOS, Valterlin da Silva. **Tomada de decisão da definição de culturas para o Perímetro Irrigado das Várzeas de Souza, utilizando técnicas de Análise Multicriterial.** 2007. 39 p. Artigo (Pós-graduação em Recursos Naturais)- Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Campina Grande/PB, 2007.

VIEIRA, Allan Sarmento; CURI, Wilson Fadlo. **Seleção de frutícolas utilizando técnicas de análise multicriterial.** *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 45-60, nov. 2014. ISSN 2238-8753. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/2223/1828>. Acesso em: 30 jan. 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v3e2201445-60>.

VILAS BOAS, C. L. (2005b). **Análise da Aplicação de Métodos Multicritérios de Decisão (MMAD) na Gestão de Recursos Hídricos.** Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/go/Analise%20da%20Aplicacao%20de%20Metodos%20Multicriterios%20de%20Apoio%20a%20Decisao%20na%20Gestao%20de%20Recursos%20Hidricos.pdf>>. Acesso em: 06 jan. 2018

ZAMBON, K. L.; CARNEIRO, A. B. F; SILVA, A. N. R.; NEGRI, J. C. (2005). **Análise de Decisão Multicritério na Localização de Usinas Termoelétricas Utilizando SIG.** *Pesquisa Operacional*, v. 25, n. 2, p. 183-199.

ZUFFO, Antonio *et al.* **Aplicação de Métodos Multicritérios ao Planejamento de Recursos Hídricos.** *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 7, n. 1, p.81-102, 2002. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH.

7 - APÊNDICES

Apêndice 1 – Cenários e Pesos

Cenários e Pesos atribuídos para cada um dos Critérios

Cenários	Peso do Critério			
	Receita Líquida	Mão-de-obra	Consumo Hídrico	Defensivos
1	0	0	0	1
2	0	0	0,25	0,75
3	0	0	0,5	0,5
4	0	0	0,75	0,25
5	0	0	1	0
6	0	0,25	0	0,75
7	0	0,25	0,25	0,5
8	0	0,25	0,75	0
9	0	0,5	0	0,5
10	0	0,5	0,25	0,25
11	0	0,5	0,5	0
12	0	0,75	0	0,25
13	0	0,75	0,25	0
14	0	1	0	0
15	0,25	0	0	0,75
16	0,25	0	0,25	0,5
17	0,25	0	0,5	0,25
18	0,25	0	0,75	0
19	0,25	0,25	0	0,5
20	0,25	0,25	0,25	0,25
21	0,25	0,25	0,5	0
22	0,25	0,5	0	0,25
23	0,25	0,5	0,25	0
24	0,25	0,75	0	0
25	0,5	0	0	0,5
26	0,5	0	0,5	0
27	0,5	0,25	0	0,25
28	0,5	0,25	0,25	0
29	0,5	0,5	0	0
30	0,75	0	0	0,25
31	0,75	0	0,25	0
32	0,75	0,25	0	0
33	1	0	0	0

Fonte: Elaboração própria, 2018.

Apêndice 2 – Cenários e Pesos após aplicação do PROMETHEE II

Cenários e Pesos atribuídos para cada um dos Critérios após aplicação do Método Multicritério PROMETHEE II

Cenários	Peso do Critério				Alternativa mais viável	Alternativa menos viável
	Receita Líquida	Mão-de-obra	Consumo Hídrico	Defensivos		
1	0	0	0	1	Graviola	Uva
2	0	0	0,25	0,75	Graviola	Abacaxi
3	0	0	0,5	0,5	Graviola	Abacaxi
4	0	0	0,75	0,25	Goiaba	Mamão
5	0	0	1	0	Melão	Acerola
6	0	0,25	0	0,75	Graviola	Abacaxi
7	0	0,25	0,25	0,5	Graviola	Abacaxi
8	0	0,25	0,75	0	melão	Coco
9	0	0,5	0	0,5	Acerola	Coco
10	0	0,5	0,25	0,25	Melão	Coco
11	0	0,5	0,5	0	Melão	Coco
12	0	0,75	0	0,25	Acerola	Coco
13	0	0,75	0,25	0	Uva	Coco
14	0	1	0	0	Uva	Coco
15	0,25	0	0	0,75	Graviola	Abacaxi
16	0,25	0	0,25	0,5	Graviola	Mamão
17	0,25	0	0,5	0,25	Melão	Mamão
18	0,25	0	0,75	0	Melão	Mamão
19	0,25	0,25	0	0,5	Acerola	Goiaba
20	0,25	0,25	0,25	0,25	Uva	Mamão
21	0,25	0,25	0,5	0	Uva	Maracujá
22	0,25	0,5	0	0,25	Uva	Coco
23	0,25	0,5	0,25	0	Uva	Coco
24	0,25	0,75	0	0	Uva	Coco
25	0,5	0	0	0,5	Laranja	Mamão
26	0,5	0	0,5	0	Uva	Maracujá
27	0,5	0,25	0	0,25	Uva	Goiaba
28	0,5	0,25	0,25	0	Uva	Maracujá
29	0,5	0,5	0	0	Uva	Manga
30	0,75	0	0	0,25	Laranja	Mamão
31	0,75	0	0,25	0	Uva	Maracujá
32	0,75	0,25	0	0	Uva	Manga
33	1	0	0	0	Uva	Manga

Fonte: Elaboração própria, 2018.