

**FORNECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL EM UMA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS:
ESCOLHA MULTICRITÉRIO EM UMA PLANTA INSTALADA NO COMPLEXO
DO PORTO DO AÇU/RJ****José Luiz Lodi Junior**Instituto Federal Fluminense
Rua Dr. Siqueira, 273 – Parque Dom Bosco
jrlodi@hotmail.com**Maria Alice Manhães dos Santos**Instituto Federal Fluminense
Rua Dr. Siqueira, 273 – Parque Dom Bosco
Mariaalice.manhaes@hotmail.com**Marcelo Cabral Rodrigues**Instituto Federal Fluminense
Rua Dr. Siqueira, 273 – Parque Dom Bosco
Marcelocabralrodrigues10@gmail.com**Lucília Pereira Soares**Instituto Federal Fluminense
Rua Dr. Siqueira, 273 – Parque Dom Bosco
luciliarpsoares@yahoo.com**Milton Erthal Junior**Universidade Candido Mendes
Rua Anita Peçanha, 100 – Parque São Caetano
Miltonerthal@hotmail.com**RESUMO**

O Porto do Açu é um complexo porto-indústria privado situado em local de baixa disponibilidade hídrica. Diversos são os meios de obtenção desse recurso, cabendo um gerenciamento direcionado para determinar quais são as alternativas mais viáveis levando em consideração a estrutura *triple bottom line*, que são os aspectos sociais, ambientais e econômicos que tange às organizações. O objetivo deste estudo é propor uma solução alternativa para o abastecimento de água potável para uma planta industrial instalada no complexo. O método multicritério de análise hierárquica AHP (*Analytic Hierarchy Process*), foi aplicado para definir o processo mais adequado entre captação subterrânea, compra da concessionária local ou coleta de chuva. A captação subterrânea torna-se uma problemática por apresentar alto grau de salinização e custo elevado e a água da concessionária implicar em impactos ambientais. Revela-se portanto que a captação e tratamento da água de chuva é a alternativa mais adequada para suprir a demanda dessa empresa. A escolha pode ser justificada pela ampla área de captação da empresa e ao alto peso conferido para o critério ambiental. Verificou-se também que esta alternativa se torna ainda mais viável quando

considerada na fase de implantação de uma indústria, sendo menores os custos e impactos nessa etapa. O método proposto permitiu uma abordagem apropriada para tratar problemas de abastecimento de água, se revelando como uma ferramenta eficaz para análise de cenários com múltiplas variáveis.

Palavras-chave: Escassez hídrica; Apoio à decisão; Impacto ambiental; Planta industrial.

ABSTRACT

The Açú Port Complex is a private port-industry located in a region with low water availability. There are several ways to obtain this resource, fitting a management to determine the most viable alternatives taking into account the triple bottom line structure, which are the social, environmental and economic aspects that concern organizations. The aim of this study is to propose an alternative solution for drinking water supply for an industrial plant installed in the Açú complex. The multicriteria method of Analytic Hierarchy Process (AHP) was applied to define the most appropriate process among underground water catchment, local water procurement or rain collection. Underground catchment becomes a problem as it has a high degree of salinization and high cost and the local water procurement causes environmental impacts. It is therefore revealed that the capture and treatment of rainwater is the most appropriate alternative to meet the company's demand. The choice can be justified by the company's large catchment area and the high weight given to the environmental criterion. It was also seen that this alternative becomes even more viable when considered in the commissioning phase of an industry, once at this stage the costs and impacts are pretty lower. The proposed method allowed an appropriate approach to address water supply problems, proving to be an effective tool for multi-variable scenario analysis.

Keywords: Water scarcity; Decision support; Environmental impact; Industrial plant.

Como Citar:

JUNIOR, José Luiz Lodi; SANTOS, Maria Alice Manhães Dos; RODRIGUES, Marcelo Cabral; SOARES, Lucília Pereira; JUNIOR, Milton Erthal. FORNECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL EM UMA INDÚSTRIA DE ÓLEO E GÁS: ESCOLHA MULTICRITÉRIO EM UMA PLANTA INSTALADA NO COMPLEXO DO Porto do Açú/RJ. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 19., 2019, Rio de Janeiro, RJ. Anais [...]. Rio de Janeiro: Centro de Análises de Sistemas Navais, 2019.

1. INTRODUÇÃO

A maior parte do planeta Terra é constituída por água, porém apenas uma parcela encontra-se em locais de fácil acesso e disponíveis para o consumo humano após tratamento adequado para que se torne potável (SPERLING, 2006). Além disso, a distribuição dos recursos hídricos não é igualitária, o que faz com que determinadas regiões tenham dificuldades de acesso à água (DIAS *et al.*, 2018; JACOBI; CIBIM; LEÃO, 2015; VALDÉS-PINEDA *et al.*, 2014).

Nesse sentido, a gestão de recursos hídricos é um desafio nas regiões com maior escassez de água, posto que o mesmo é fundamental para o ser humano (GOURBESVILLE, 2008; SONG *et al.*, 2010; VALDÉS-PINEDA *et al.*, 2014). Sob essa

ótica, um gerenciamento direcionado é desejado para determinar quais são as melhores alternativas, levando em consideração os aspectos sociais, ambientais e econômicos que tange às organizações (LIENERT *et al.*, 2015).

São João da Barra é um município do estado do Rio de Janeiro e encontra-se localizado em uma região onde o clima é tropical, quente e úmido, com estação seca no inverno e chuvas no verão, havendo então diversos problemas relacionados à gestão de recursos hídricos (PASSOS; ARICA, 2013). O município em questão abriga o Complexo Portuário do Açu (CPA), em operação desde 2014 e ocupa uma área de aproximadamente 130 km² onde estão situadas empresas principalmente do segmento de óleo e gás que dependem de recursos hídricos para sua operação (PORTO DO AÇU, 2019).

Dessa forma, considerando que há uma demanda de água na região em questão, existe a necessidade de melhoria na distribuição desse recurso. Nessa perspectiva, a captação subterrânea, coleta de chuva ou compra de outros locais são opções existentes e viáveis que se empregadas com o auxílio de tecnologias disponíveis podem ser eficazes em seu abastecimento (GREENLEE *et al.*, 2009; MONDAL; WICKRAMASINGHE, 2008; SILVA; SANTOS; DUARTE, 2013).

As organizações num contexto global enfrentam uma era de mudanças aceleradas onde a competitividade motiva as empresas a serem dinâmicas nas tomadas de decisão (MARINS; SOUZA; BARROS, 2009). De acordo com Oshiro, Crnkovic, e Santos (2005), os métodos de apoio à decisão vão de encontro a essa vertente e corroboram para que o processo de tomada de decisão seja o mais ágil e eficaz.

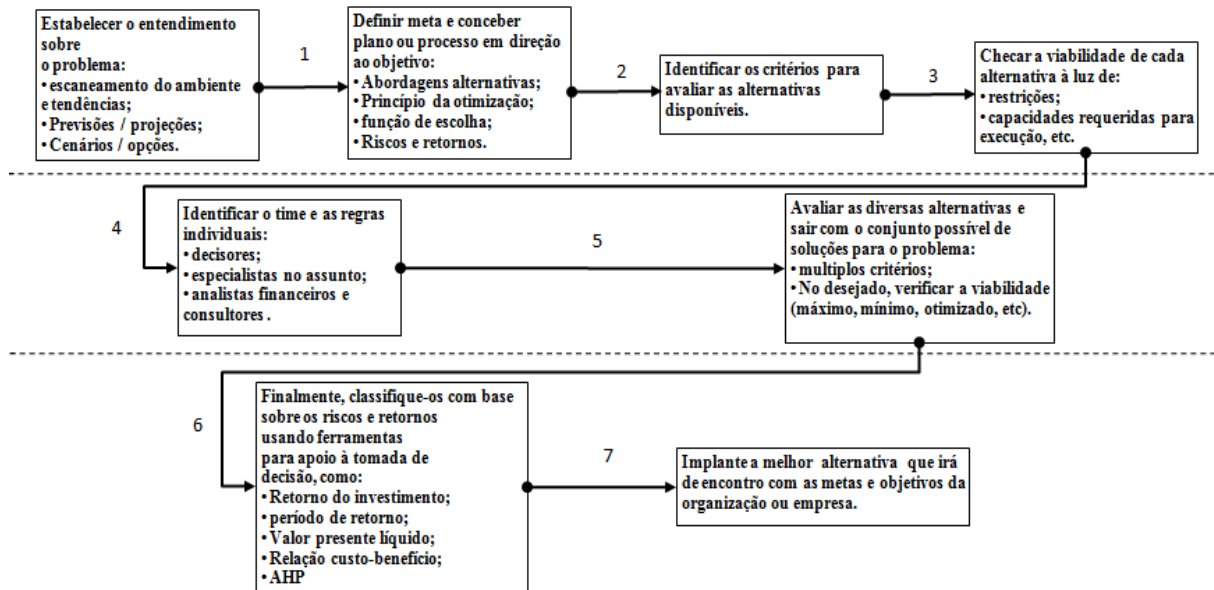
Este trabalho tem por finalidade propor uma solução adequada para o abastecimento de água potável para uma planta industrial do segmento de óleo e gás instalada no CPA. Atualmente a empresa realiza a compra desse recurso, prática também adotada por outras empresas do complexo. Declara-se como objetivo modelar a decisão utilizando o método multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para hierarquizar as alternativas revelando a mais adequada para suportar ou até substituir a forma de abastecimento atual.

2. METODOLOGIA

2.1. BREVE DESCRIÇÃO DO MÉTODO AHP

Para mediar o processo de tomada de decisão, onde múltiplas variáveis estão presentes, o método multicritérios AHP permite uma medição relativa entre os critérios quantitativos e qualitativos (SAATY; SAATY, 2016). O modelo correlaciona-os gerando resultados para apoiar os gestores na escolha da alternativa mais adequada à problemática (PETERS; BAROUD; HORNBERGER, 2019).

Figura 1- Processo de tomada de decisão estratégica.



Fonte: Bhushan; Rai, 2004.

Segundo Saaty (1990), para a estruturação do problema o ponto chave está na determinação dos fatores que irão compor a hierarquia. Costa (2006) complementa que os elementos: foco principal, conjuntos de alternativas viáveis e conjunto de critérios são fundamentais para modelagem de uma hierarquia:

- Decisor: Agente tomador de decisão, podendo este ser uma única pessoa ou um grupo de pessoas;
- Alternativa viável: quais são as tecnologias/recursos disponíveis;
- Critério: quais são as variáveis envolvidas na análise.

Informações detalhadas sobre o método podem ser encontradas em Costa (2006) e em Saaty (1990).

2.2. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DO MÉTODO

2.2.1. Decisor

O processo de tomada de decisão foi dado pelo julgamento de 3 profissionais dos departamentos de manutenção predial, SMS (Saúde, Meio Ambiente e Segurança) e engenharia de processos da empresa alvo dessa pesquisa e por 3 especialistas externos das áreas ambiental, financeira e de engenharia, totalizando 6 decisores.

Foram realizadas duas sessões de *brainstorming* para o levantamento da importância de cada critério face à realidade das legislações vigentes, seus impactos ambientais, seus benefícios à sociedade em termos de empregabilidade e se as tecnologias disponíveis são economicamente viáveis, onde cada profissional contribuiu dentro de sua área de formação e experiência profissional.

As notas conferidas para cada item abordado nas sessões de *brainstorming* foram então convertidas através de uma escala que atribui valores de um a nove, conforme escala de conversão na tabela 1.

Tabela 1- Escala de conversão.

Valor	Definição	Explicação
1	Igual Importância	Os dois elementos de juízo contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma para outra	A experiência e o julgamento favorecem um elemento em relação ao outro.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um elemento em relação ao outro.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Um elemento de juízo é fortemente favorecido em relação ao outro, sua dominância de importância pode ser demonstrada na prática.
9	Extremamente importante	A evidência favorece um elemento em relação ao outro, com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty, 2016.

2.2.2. Alternativas

Segundo Lima *et al.*, (2014), o método de escolha das alternativas deve ser analisado seguindo critérios específicos, estreitando assim o foco da análise. Conforme a tabela 2 foi levantada as principais fontes de abastecimento de água existentes no perímetro do CPA bem como os seus fatores de limitação.

Tabela 2 - Alternativas e limitações

Alternativas	Limitação
A1 – Captação de água de chuva	Disponibilidade pluviométrica da região.
A2 – Compra de água da concessionária local	Alienada ao abastecimento através de caminhão pipa, uma vez que a concessionária local não dispõe de infraestrutura para o atendimento.
A3 – Captação de água subterrânea	Outorga do poço.

Fonte: Autor, 2019.

A análise da alternativa A1 foi realizada através de aquisição de dados pelo *water saving web*, suportada pelo método Rippl, o qual analisou os dados pluviométricos da região de São João da Barra - RJ para dimensionamento do sistema de coleta de chuva (GONÇALVES *et al.*, 2017). Esse método permite analisar as regiões com grande variação de precipitação, pois ele considera a carência máxima para determinar o volume do reservatório, mitigando o risco de indisponibilidade hídrica, até mesmo para os períodos de poucas chuvas. Para o estudo foi levado em conta a série histórica de precipitações mensais mais longas possíveis (TOMAZ, 2003).

A alternativa A2 se refere à companhia de saneamento detentora do contrato de prestação de serviço da região e a alternativa A3 foi definida com base na prévia experiência da empresa alvo deste estudo. Para essa opção uma amostra de água subterrânea foi submetida para ensaio analítico de qualidade e será apresentada nos resultados.

A utilização da água do Rio Paraíba do Sul, inicialmente considerada como possível alternativa, não foi objeto deste estudo, tendo em vista que não foi possível realizar o levantamento de custos para elaboração de projeto e execução da obra, que seria através de tubulações até a região do complexo, sendo então uma limitação para o estudo.

2.2.3. Critérios

2.2.4. Ambiental

O *triple bottom line* analisa os pilares econômico, ambiental e social provocando uma discussão dentro do contexto de cada pilar (HADJIKAKOU *et al.*, 2019). Essa estrutura se revela como importante ferramenta para auxílio à tomada de decisão, pois leva em consideração o tripé da sustentabilidade, princípio intrínseco às organizações que buscam melhores resultados (COLE *et al.*, 2018).

O critério ambiental engloba dados relacionados à disponibilidade hídrica, já que a quantidade de água pode variar em função da localização. Com base nos dados pluviométricos da UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro foi observada que a oferta hídrica para captação de água de chuva e subterrânea é adequada, porém a água da chuva se destaca nesse aspecto por estar disponível no ambiente, não sendo necessária a sua extração.

Este critério abrange também informações de possibilidade de contaminação da água a ser usada (HOFMAN-CARIS *et al.*, 2019; KWAADSTENIET *et al.*, 2013; TOMAZ, 2003). Dessa forma, é necessário avaliar os possíveis contaminantes ali dispostos para evitar problemas relacionados a eventuais patógenos (KWAADSTENIET *et al.*, 2013). Outro ponto importante a ser avaliado é que para a água ser considerada potável, sua qualidade deverá estar em consonância com a Portaria nº 2.914/11 do Ministério da Saúde, para isso é necessário a implantação de um tratamento que atinja os padrões biológicos e físico-químicos

necessários ao consumo humano (HOFMAN-CARIS *et al.*, 2019; KIM *et al.*, 2016; SILVA; SANTOS; DUARTE, 2013).

Cabe frisar que a utilização da água de chuva contribui na otimização de recursos hídricos, redução do risco de inundação e conseqüente queda nos investimentos com sistemas de drenagem pluvial público (KIM *et al.*, 2016; LÜ *et al.*, 2013). Por fim, é importante considerar se para o critério ambiental a obtenção do recurso gera algum tipo de poluição (KOIKE; LOPES; PASSARINI, 2010). O critério ambiental, portanto, avalia os principais aspectos e impactos, caracterizando-os de forma qualitativa, denominando-os como impacto ambiental baixo, médio e alto.

Encontrou-se como limitação a realização do cálculo da pegada ecológica, o que permitiria uma análise ainda mais robusta do critério ambiental à luz de cada alternativa.

2.2.5. Econômico

O Critério econômico engloba dados relacionados às fases de implantação e operação de cada tecnologia proposta. Como em qualquer projeto, a análise de viabilidade econômica é fator preponderante (FERNANDES, 2007). Nesse estudo, para cada alternativa foram levantados os custos de instalação, operação, manutenção e de insumos. Outro aspecto de suma importância na análise de viabilidade foi a determinação do retorno do investimento, que fornece uma orientação para determinar o grau de risco do investimento (BASHAR; KARIM; IMTEAZ, 2018). Os levantamentos foram gerados a partir de cotações com fornecedores, histórico de compra da empresa alvo do estudo e *benchmarking* com

empresas de saneamento da região.

2.2.6. Social

O critério social leva em conta todos os trabalhos diretos gerados durante o processo de implantação e operação, seja captação, tratamento ou qualquer outra etapa necessária para que a água esteja disponível para o seu consumo. Este critério não é influenciado pelas relações econômicas ligadas aos empregos gerados, e sim ao nível de empregabilidade gerado na região.

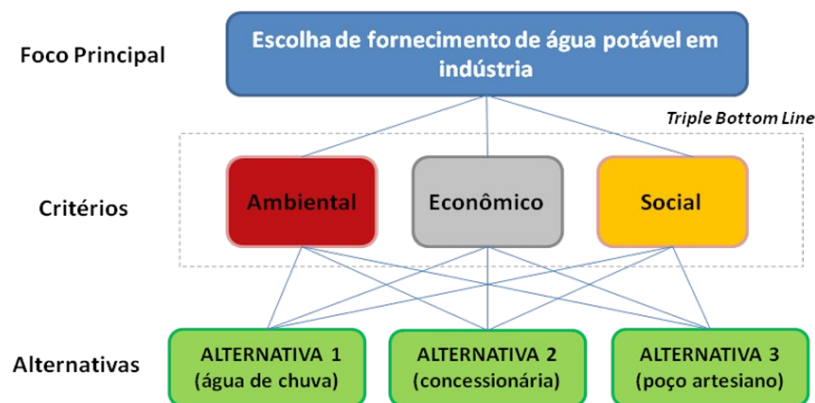
Para esse estudo, o levantamento do número de pessoas envolvidas nas fases de instalação e operação foi obtido através de propostas técnicas comerciais, *benchmarking* com empresas de saneamento da região e pela própria experiência da empresa alvo, por já ter operado tecnologias similares em sua planta industrial e em outras do grupo.

Para a alternativa A2 essa pesquisa se restringiu apenas na mão de obra que impacta na entrega do produto, ou seja, abastecimento e transporte de água até o destino. Os empregos gerados na sede desta empresa como, por exemplo, departamento de recursos humanos, supervisão de campo, manutenção, entre outros, estes não foram abordados no julgamento devido a sua amplitude e grau de confidencialidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 3 mostra a estrutura hierárquica definida para tratar o problema de decisão, dividida em três critérios e três alternativas:

Figura 2 - Estrutura hierárquica do problema.



Fonte: Autor, 2019.

3.1. CRITÉRIO AMBIENTAL

O critério ambiental obteve maior relevância de acordo o grau de importância conferida ao critério ambiental, isto corrobora com a preocupação da empresa alvo com o meio ambiente, que inclusive é certificada em sistema de gestão ambiental. Aliado a isto, o CPA também tem como compromisso atender as legislações e exigências oriundas das relações comerciais com outros países. Tal importância pode ser observada através da análise do foco principal, representada na tabela 3.

Tabela 3 - foco principal.

Importância dos critérios à luz do foco principal					
Foco principal	A	S	E	PML	
A	0,8	0,7	0,8	0,74	
S	0,1	0,1	0,1	0,08	
E	0,2	0,3	0,2	0,19	
Razão de consistência: 0,03839					

Legenda: A - Ambiental S - Social E - Econômico PML - Prioridade Média Local

Fonte: Autor, 2019.

Ainda na abordagem ambiental, a análise multicriterial aplicada à gestão de recursos hídricos vem sendo utilizada na aplicação de solução de problemas em diversas áreas (CARVALHO; CURI, 2016; LÜ *et al.*, 2013; SARTORIUS *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2019). Pereira (2017), realizou um estudo relacionado ao uso da água de chuva para abastecimento de uso humano e indicaram que esta é uma técnica viável no município de Goiânia/GO, dado o índice pluviométrico e viabilidade econômica de sua implantação. O estudo ainda considerou o uso para fins não potáveis como em vasos sanitários, lavagem de roupas, carros e jardins. Entretanto, Kim *et al.*, (2016), constataram que a utilização de água potável para fins de abastecimento humano não é viável na cidade de Austin, situada no Texas, dado o custo desta aplicação e o baixo preço da água fornecida pela concessionária nesta região. Cabe frisar que no presente estudo a alternativa água de chuva se destacou devido a seu baixo impacto ambiental e médio custo de implantação e operação em relação às demais.

O método de tomada de decisão AHP foi utilizado no trabalho em questão, tendo em vista que ele considera todas as opiniões, sintetizando-as em um único resultado. Em contrapartida no estudo realizado por Moraes e Almeida (2012), com a finalidade de redução dos impactos em bacia hidrográfica, foi utilizado na tomada de decisão uma análise de rankings individuais, que torna possível levar em consideração a opinião de uma maioria dos tomadores de decisão, de modo que se tenha uma aceitação geral com o resultado final.

3.2. CRITÉRIO SOCIAL

O critério social é apresentado pela tabela 4, demonstrando a geração de empregos nas fases de instalação e operação à luz de cada alternativa:

Tabela 4 - Geração de empregos.

Alternativas	Empregabilidade	
	Instalação	Operação
A1 – Captação de água de chuva	5	1
A2 – Compra de água da concessionária local	0	2
A3 – Captação de água subterrânea	7	2

Fonte: Autor, 2019.

Quanto ao critério econômico, este será abordado a seguir com detalhamento de cada alternativa adotada, bem como os custos finais dessas alternativas.

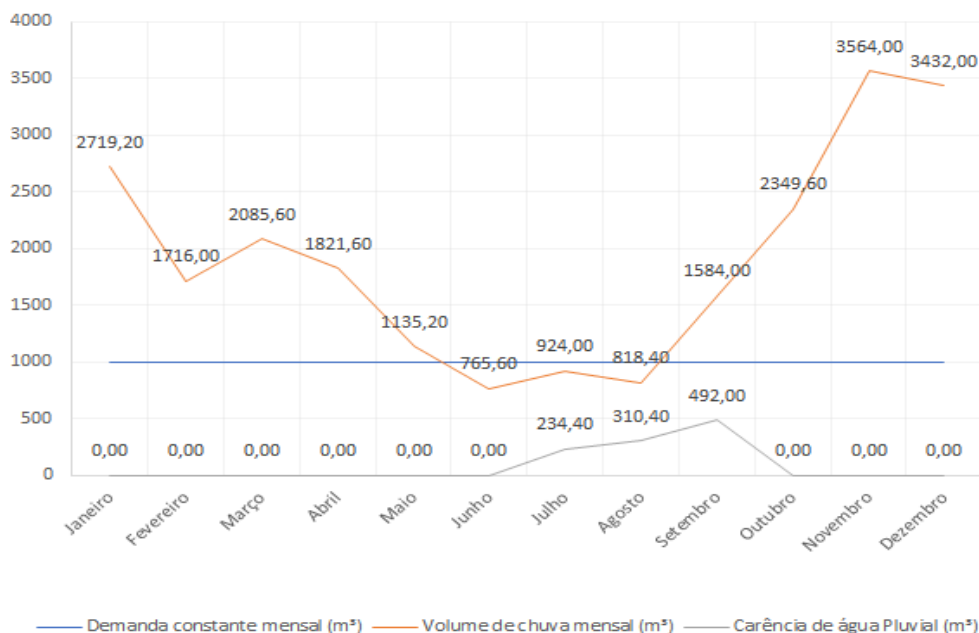
3.3. CRITÉRIO ECONÔMICO

3.3.1. Coleta de Chuva (A1)

A empresa em questão possui uma área de telhado disponível para coleta de

aproximadamente 33.000 m² e a demanda de água mensal é de 1000 m³. A figura 3 apresenta os dados considerados para o dimensionamento.

Figura 3 - Dimensionamento do reservatório com o método Rippl.



Fonte: Autor, 2019.

Constatou-se através do *software water saving web* que para suprir a demanda necessária, o volume aproximado do reservatório precisa ser de 492 m³ sendo seu custo inicial de R\$ 294.846,08 e despesa anual com manutenção e operação de R\$ 17.690,00.

3.3.2. Compra da concessionária (A2)

Para a alternativa A2 a aplicação dos custos foi de forma direta, ou seja, demanda constante mês versus valor do m³ ofertado pela concessionária local, considerando o valor de compra de água equivalente a R\$ 41,65 para cada m³.

3.3.3. Poço Artesiano (A3)

Para a utilização de Água de Poço é necessário a realização de investimento em perfuração e tratamento por osmose, tendo em vista que a água existente nessa região possui elevado nível de íons dissolvidos em sua composição. A figura 4 mostra os resultados da amostra.

Figura 4 - Resultado analítico da amostra.

RESULTADOS ANALÍTICOS DA AMOSTRA				
Parâmetros	Unidades	LQ	Resultados	Limites
Alcalinidade	mg/L	3,3	236,5	NA
Cloro Residual	mg/L	0,3	< 0,3	NA
Condutividade	mS/cm	0,14	4,338	NA
Dureza Total	mg/L	0,3	909,9	NA
Ferro	mg/L	0,23	0,55	NA
Manganês	mg/L	0,07	0,16	NA
pH	NA	1,0	7,53	NA
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	39	2702	NA

REFERÊNCIAS METODOLÓGICAS
Alcalinidade: SMWW 2320B – Titration Method
Cloro Residual: SMWW 4500Cl- G - Chlorine Test – DPD – Colorimetric Method
Condutividade: SMWW 2510 – B – Laboratory Method
Dureza Total: SMWW 2340 C – EDTA Titrimetric Method
Ferro: SMWW 3030E - Nitric Acid Digestion e 3111B - Direct Air-Acetylene Flame Method
Manganês: SMWW 3030E - Nitric Acid Digestion e 3111B - Direct Air-Acetylene Flame Method
pH: SMWW 4500 – B – Eletrometric Method
Sólidos Dissolvidos Totais: SMWW 2540 C – Total Dissolved Solids Dried at 180°C

PLANO DE AMOSTRAGEM	
Local da Coleta:	Superporto Açú - São João da Barra/ RJ
Tipo de Amostragem:	Simples
Outras informações:	-

Abreviações:

SMWW = Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 22ND Edition – 2012

VMP = Valor Máximo Permitido

LD = Limite de Detecção

LQ = Limite de Quantificação

NA = Não Aplicável

NO = Não Objetável

VA = Virtualmente Ausente

Fonte: Autor, 2019.

Este ensaio analítico foi emitido por um laboratório credenciado confidencial e está de acordo com as normas padronizadas pelo SMWW 22nd.

3.3.4. Custos Envolvidos

A tabela 5 foi elaborada com os custos envolvidos em cada alternativa.

Tabela 5 - Custo de implantação e consumíveis para operação.

	Implantação	Consumíveis	Total Previsto	Frequência
A1	Reservatório	-----	R\$ 294.846,08	1
	Filtro adensador, bomba, obra civil, montagem eletromecânica e hidráulica	-----	R\$ 160.000,00	1
	-----	Reagentes	R\$ 250,00	2
A2	Compra direto da concessionária	-----	R\$ 41.650,00	2
A3	Perfuração do poço	-----	R\$ 180.000,00	1
	Reservatório	-----	R\$ 15.000,00	1

Osmose Reversa + filtros pré tratamento	-----	R\$ 225.000,00	1
Infraestrutura (instalação hidráulica / civil)	-----	R\$ 104.590,00	1
Tanque <i>buffer</i> e tanque de produção	-----	R\$ 20.000,00	1
-----	Reagentes	R\$ 680,00	2

*Legenda: 1- Investimento único 2 - Consumo mês

Fonte: Autor, 2019.

No que tange aos custos de manutenção e operação a tabela 6 mostra os valores para cada alternativa. A atribuição desses valores deu-se conforme mencionado em parágrafos anteriores.

Tabela 6 - Custo de manutenção e operação.

	Manutenção e Operação	Total Previsto	Frequência
A1	Preventiva, preditiva e corretiva	R\$ 17.690,00	1
A2	Não há manutenção/operação	R\$ 0,00	----
A3	Preventiva, preditiva e corretiva	R\$ 32.700,00	Ano

Legenda: 1 - Custo de manutenção e operação – 6% ao ano (Tomaz, 2003)

Fonte: Autor, 2019.

3.4. IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO DECISÓRIO

Com base no julgamento das alternativas foram encontrados os valores de Prioridade Média Local (PML) à luz de cada critério, conforme tabela 7. Nota-se que todos os julgamentos foram consistentes, pois obtiveram resultados dentro dos padrões esperados ($RC \leq 0,1$) (COSTA, 2006).

Tabela 7 - Julgamento das alternativas 1, 2 e 3 à luz dos critérios.

Desempenho das alternativas à luz do critério Ambiental					Desempenho das alternativas à luz do critério Econômico				
	A1	A2	A3	PML	Econômico	A1	A2	A3	PML
A1	0,7	0,8	0,6	0,72	A1	0,2	0,1	0,3	0,19
A2	0,1	0,2	0,3	0,19	A2	0,8	0,7	0,6	0,72
A3	0,1	0,1	0,1	0,08	A3	0,1	0,1	0,1	0,08
Razão de consistência:				0,05674	Razão de consistência:				0,05674

Desempenho das alternativas à luz do critério Social				
Social	A1	A2	A3	PML
A1	0,1	0,1	0,10	0,09
A2	0,3	0,2	0,18	0,21
A3	0,6	0,8	0,72	0,70
Razão de consistência:				0,028083078

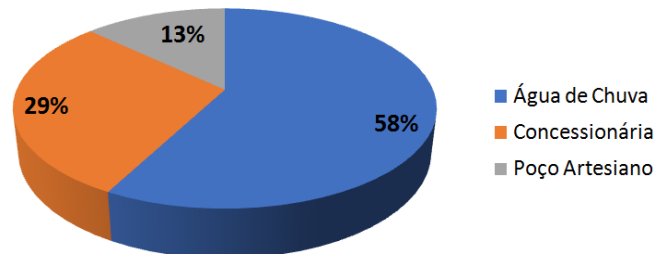
Legenda: A1 - Alternativa 1 (água de chuva) A2 - Alternativa 2 (concessionária) A3 - Alternativa 3 (poço artesiano)
PML - Prioridade Média Local

Fonte: Autor, 2019.

A alternativa A1 foi a vencedora no critério Ambiental, A2 vencedora no critério

Econômico e A3 no critério Social. Após rodar o cálculo através do método AHP, revelou-se que a alternativa água de chuva é apontada como a mais adequada para suprir a demanda hídrica da empresa alvo do estudo, seja para atender o consumo humano como também os processos industriais.

Figura 5- Resultado do método AHP.



Fonte: Autor, 2019.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo modelar a decisão das três alternativas e três critérios através do método multicritério AHP. O método foi eficaz para tratar a problemática de recursos hídricos, sendo uma importante ferramenta para o auxílio na tomada de decisão que envolvam múltiplas variáveis.

Revelou-se pelo método que a captação de água de chuva é mais adequada, visto que é um recurso natural disponível, de baixo impacto ambiental e a tecnologia envolvida para o seu tratamento apresenta baixo custo. Entretanto, é válido ressaltar que por tratar-se de um complexo portuário, mesmo com os dados hídricos indicando a disponibilidade pluviométrica, o abastecimento de água não pode depender exclusivamente desta fonte, portanto sugere-se que as empresas do CPA possuam um plano de contingência como, por exemplo, compra da água da concessionária local.

Conclui-se também, que a alternativa se torna ainda mais viável quando considerada na fase de implantação de uma indústria, uma vez que os custos e impactos se tornam menores nessa etapa. Para o caso em específico da indústria alvo desta pesquisa, a implantação da alternativa demandará uma obra de grande porte para instalação do tanque e infraestrutura para captação de água no telhado.

Por fim, revelou-se que o *software water saving web* é uma importante ferramenta para análise pluviométrica dos municípios do estado do Rio de Janeiro, entretanto recomenda-se para o CPA a implantação de uma estação pluviométrica, que permitirá extrair dados realísticos do volume de chuva dessa região, contribuindo assim para futuras pesquisas nessa área.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASHAR, M. Z. I.; KARIM, MD. R.; IMTEAZ, M. A. Reliability and economic analysis of urban rainwater harvesting: A comparative study within six major cities of Bangladesh. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 133, p. 146–154, jun. 2018.

BHUSHAN, N.; RAI, K. **Strategic decision making: applying the analytic hierarchy process**. London ; New York: Springer, 2004.

- CARVALHO, J. R. M. DE; CURI, W. F. Sistema de indicadores para a gestão de recursos hídricos em municípios: uma abordagem através dos métodos multicritério e multidecisor. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 2, 25 jun. 2016.
- COLE, J. et al. Collaborative, Risk-Informed, Triple Bottom Line, Multi-Criteria Decision Analysis Planning Framework for Integrated Urban Water Management. **Water**, v. 10, n. 12, p. 1722, 24 nov. 2018.
- COSTA, H. **Auxílio Multicritério à decisão - Método AHP**. Niterói: Abepro, 2006. v. 1
- DIAS, A. C. H. et al. Perfuração Indiscriminada de Poços em Iracema/CE: Um Estudo Sobre o Paradoxo da Atual Crise Hídrica. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 3, 13 ago. 2018.
- FERNANDES, D. R. M. **Viabilidade econômica do uso da água de chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN**. In: ENEGEP. 2007
- GONÇALVES, A. DE O. et al. **Water Saving Web**. Disponível em: <<http://projetos.macaueufrj.br/watersaving/Simulador>>. Acesso em: 18 maio. 2019.
- GOURBESVILLE, P. Challenges for integrated water resources management. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 33, n. 5, p. 284–289, 2008.
- GREENLEE, L. F. et al. Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. **Water Research**, v. 43, n. 9, p. 2317–2348, maio 2009.
- HADJIKAKOU, M. et al. A flexible framework for assessing the sustainability of alternative water supply options. **Science of The Total Environment**, v. 671, p. 1257–1268, jun. 2019.
- HOFMAN-CARIS, R. et al. Rainwater Harvesting for Drinking Water Production: A Sustainable and Cost-Effective Solution in The Netherlands? **Water**, v. 11, n. 3, p. 511, 12 mar. 2019.
- JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEÃO, R. DE S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 27–42, ago. 2015.
- KIM, H. W. et al. Cost-benefit analysis and equitable cost allocation for a residential rainwater harvesting system in the city of Austin, Texas. **International Journal of Water Resources Development**, v. 32, n. 5, p. 749–764, 2 set. 2016.
- KOIKE, G. H. A.; LOPES, A.; PASSARINI, L. C. Emissão dos gases de combustão em motor de ignição por compressão: Ensaio comparativo entre Diesel, Biodiesel e Biodiesel com injeção de Etanol. **Revista Minerva – Pesquisa & Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 8, 2010.
- KWAADSTENIET, M. et al. Domestic Rainwater Harvesting: Microbial and Chemical Water Quality and Point-of-Use Treatment Systems. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 224, n. 7, p. 1629, jul. 2013.
- LIENERT, J. et al. Structured decision-making for sustainable water infrastructure planning and four future scenarios. **EURO Journal on Decision Processes**, v. 3, n. 1–2, p. 107–140, jun. 2015.

- LIMA, J. D. DE et al. uso de modelos de apoio à decisão para análise de alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos na Região sul do Brasil. *Eng. Sanit. Ambient.* v. 19, n. 1, p. 33–42, 2014.
- LÜ, Y. P. et al. Cost-effectiveness-based multi-criteria optimization for sustainable rainwater utilization: A case study in Shanghai. *Urban Water Journal*, v. 10, n. 2, p. 127–143, abr. 2013.
- MARINS, C. S.; SOUZA, D. DE O.; BARROS, M. DA S. **O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso.** . In: XLI SBPO. 2009
- MONDAL, S.; WICKRAMASINGHE, S. R. Produced water treatment by nanofiltration and reverse osmosis membranes. *Journal of Membrane Science*, v. 322, n. 1, p. 162–170, set. 2008.
- MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. Group decision making on water resources based on analysis of individual rankings. *Omega*, v. 40, n. 1, p. 42–52, jan. 2012.
- OSHIRO, S.; CRNKOVIC, L. H.; SANTOS, F. C. A. Revista de Administração da UNIMEP. **O Desafio de Integrar Cultura Organizacional e a Gestão da Produção**, v. 3, n. 2, 2005.
- PASSOS, D. C. P.; ARICA, J. **Considerações sobre os impactos produtivos do complexo logístico e industrial do Porto do Açu (RJ).** . In: IX CNEG. 2013
- PEREIRA, L. R. **Viabilidade economico/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100m² de cobertura.** Goiás: PUC Goiás, 2017.
- PETERS, C. N.; BAROUD, H.; HORNBERGER, G. M. Multicriteria Decision Analysis of Drinking Water Source Selection in Southwestern Bangladesh. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 145, n. 4, abr. 2019.
- PORTO DO AÇU. **Fazendo Negócios no Complexo do Porto do Açu.** Disponível em: <https://portodoacu.com.br/wp-content/uploads/2019/03/Fazendo-Neg%C3%B3cios-no-Complexo-do-Porto-do-A%C3%A7u_-WEB.pdf>. Acesso em: 25 maio. 2019.
- SAATY, T. L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, v. 48, p. 9–26, 1990a.
- SAATY, T. L. European Journal of Operational Research. **How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process**, n. North-Holland, p. 18, 1990b.
- SAATY, T. L.; SAATY, T. L. The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making. In: EHRGOTT, M.; FIGUEIRA, J. R. (Eds.). **Multiple Criteria Decision Analysis**. New York, NY: Springer New York, 2016. v. 233p. 363–419.

SARTORIUS, C. et al. Comparative multi-criteria performance assessment of alternative water infrastructure systems. **Water Science and Technology: Water Supply**, p. ws2018045, 20 fev. 2018.

SILVA, D. A. C. DA; SANTOS, É. B. DOS; DUARTE, J. A. UTILIZAÇÃO DE OSMOSE REVERSA PARA TRATAMENTO DE ÁGUAS. **Revista Eletrônica e-F@tec**, v. 3, n. 1, p. 10–10, 2013.

SILVA, D. D. C. E et al. Análise Multicritério como Suporte a Decisão em Situação de Escassez Hídrica: Estudo de Caso da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Seridó - Rio Grande do Norte - Brasil. **Journal of Engineering, Technology, Innovation and Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 7–16, 26 fev. 2019.

SONG, X. et al. Managing water resources for sustainable development: the case of integrated river basin management in China. **Water Science and Technology**, v. 61, n. 2, p. 499–506, jan. 2010.

SPERLING, E. Afinal, Quanta Água Temos no Planeta ? **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 11, n. 4, p. 189–199, 2006.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003. v. 1

VALDÉS-PINEDA, R. et al. Water governance in Chile: Availability, management and climate change. **Journal of Hydrology**, v. 519, p. 2538–2567, nov. 2014.