

5 Estudo de Caso

Este capítulo é dedicado ao estudo de alguns casos que ilustram a metodologia utilizada no trabalho e mostram as relações entre algumas variáveis do problema. São apresentados cinco casos, com diferentes configurações, sendo que o último caso é baseado em valores reais do município de Guamaré, RN.

O primeiro caso é baseado no abastecimento de uma indústria de papel e celulose localizada em uma grande metrópole. A indústria de papel possui uma pegada hídrica que preocupa os órgãos ambientais. O uso de fontes alternativas de abastecimento pode ser uma alternativa do ponto de vista ambiental, preservando o leito dos rios para o consumo da população.

O segundo caso é baseado no abastecimento de uma cidade no interior da Bahia, a uma distância de 90 km da costa, com uma elevação de 8 metros em relação ao nível do mar. Sabe-se que algumas cidades do interior sofrem com estiagens, causando grande impacto nas receitas dos municípios e também das famílias.

O terceiro caso é o estudo para abastecimento de uma grande capital do nordeste, localizada perto da costa mas com uma grande demanda de água. Este caso foi baseado em estatísticas que demonstram que dentro de 20 anos muitas cidades brasileiras devem sofrer com a falta de água.

O quarto caso é a análise de um sistema de pequeno porte, para atendimento de um pequeno condomínio de moradores na costa brasileira. Neste caso vamos analisar o comportamento do sistema para baixas vazões.

O quinto e último caso estuda a configuração do município de Guamaré, onde está localizado um dos maiores pólos petroquímicos da Petrobras. A cidade fica localizada a 5km da costa do Rio Grande do Norte e possui assentamentos que devem ser abastecidos continuamente. Conforme foi citado anteriormente, uma das principais atividades econômicas da região antes da chegada do pólo petroquímico era a comercialização de sal. Portanto, o uso dos rejeitos estaria garantido, como será visto adiante.

No início de cada estudo é apresentada a configuração básica do sistema e são mostrados os dados de entrada do programa na forma de uma tabela. Em seguida o relatório de resultados é apresentado, sendo seguido pela interpretação dos resultados obtidos.

5.1.

Estudo de caso 1 - Indústria de Papel e Celulose

A indústria de papel e celulose consome grandes quantidades de água para manter o alto nível de produção. O grande consumo causa grande impacto ambiental, uma vez que parte da água dos rios, que poderia ser utilizado pela população, é usado para o consumo industrial.

Neste estudo de caso será avaliado um caso de abastecimento para indústria de papel com um consumo de 20.000 m³/dia, localizada a 50 km da costa. Como o sistema está localizado na região de uma metrópole, devem ser considerados os altos custos de construção do sistema de transportes.

Outra consideração importante para este caso é a disponibilidade de energia para o funcionamento do sistema. Não serão considerados fatores relacionados à poluição na costa das grandes cidades, o que pode afetar o custo do sistema devido à necessidade de um pré-tratamento da água. A Figura 41 mostra a configuração do sistema e a Tabela 2 apresenta outras informações relevantes.

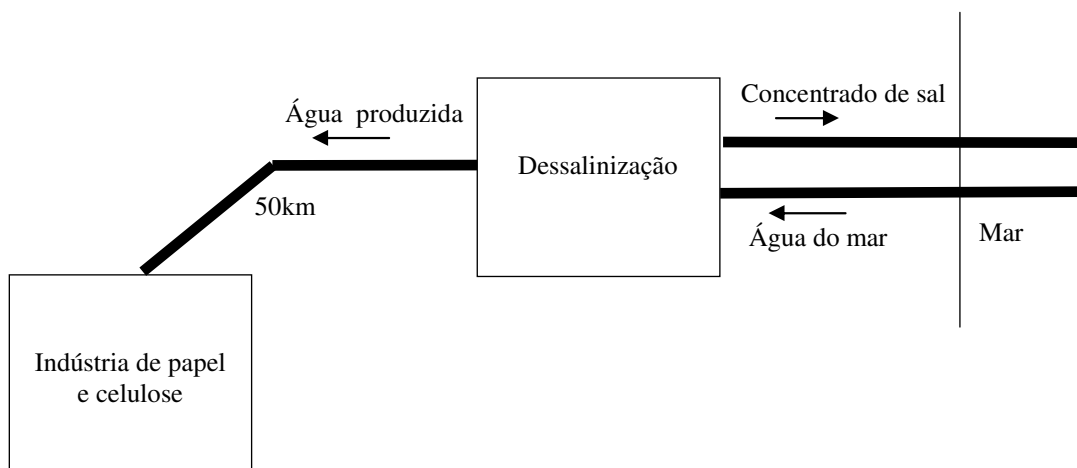


Figura 41 – Configuração do Estudo de caso 1 – Indústria de papel e celulose.

Tabela 2 – Dados gerais para estudo de caso 1.

Item	Valor	Unidade
Distância do ponto de entrega	50	km
Distância entre a planta e a costa	10	km
Demanda	20.000	m ³ /dia
Preço inicial de comercialização	0,02	R\$/litro
Taxa de desconto	10	% a.a.
Taxa de câmbio	1,60	R\$/dólar
Diâmetro do duto principal	16	polegadas
Diâmetro do duto de rejeitos	12	polegadas
Diâmetro do duto de admissão	12	polegadas
Termoelétrica	300	MW
Potência disponível-duto principal	0,5	MW
Potência disponível-duto admissão	0,5	MW
Potência disponível-duto rejeito	0,5	MW
Temperatura da água do mar	25	°C
Preço da energia pelo SIN	150	R\$/MWh
Custo de construção dos dutos	20	R\$/kg
Temperatura dos gases de exaustão	400	°C
Elevação em relação ao nível do mar	30	M

Observa-se na Tabela 2 que a distância assumida entre a planta de dessalinização e a costa deve ser de 10 km. A termoelétrica disponível para alimentar a planta tem uma capacidade de 300 MW. Outro dado relevante é o alto

custo de construção e montagem dos dutos, de R\$ 20/kg, uma vez que a escolha da rota passa pela necessidade de desapropriações e aquisição de territórios.

Tabela 3 – Resultados para estudo de caso 1.

Programa de Dessalinização v.0		
Relatório de Resultados		
Localidade	São Paulo	
Termoelétrica		
DESSALINIZADOR		
Emissão de Gases de Exaustão	3.600	tonelada/dia
Vazão produzida	20.000	tonelada/dia
GOR	6	
Cons. Energético	2	MWh
Custo Energético	3.117.708	R\$
CAPEX da planta de dessalinização	76.176.222	R\$
OPEX da planta de dessalinização	10.735.331	R\$/ano
Volume Água Comercial	20.000	m3/dia
Receita Água	146.000.000	R\$/ano
Energia requerida na célula 1	62,456	MW
Variação de T na celula 1	62,238	K
T na saída da celula 1	338	oC
SISTEMA DE TRANSPORTE		
Est Bombeio Duto Principal	0,7	
Est Bombeio Duto Admissão	0,8	
Est Bombeio Duto Rejeito	0,1	
Potência disponível duto principal	0,5	MW/estação
Potência disponível duto rejeito	0,5	MW/estação
Potência disponível duto admissão	0,5	MW/estação
Custo de bombeio duto principal	467.185,7	R\$/ano
Custo de bombeio duto rejeito	81.613,5	R\$/ano
Custo de bombeio duto admissão	549.255,4	R\$/ano
CAPEX do sistema de transporte	46.933.955,0	R\$
OPEX do sistema de transporte	1.098.054,5	R\$/ano
VIABILIDADE ECONÔMICA		
VPL	960.072.315,68	R\$
Índice de Lucratividade (IL)	6,30	
Payback	2	anos
INFORMAÇÕES ADICIONAIS		
Quantidade de sal produzido	500	tonelada/dia
Quantidade de lítio disponível	18,25	kg/ano

Para as condições estabelecidas na Tabela 2 os resultados obtidos através do programa são mostrados na Tabela 3, que mostra o relatório de resultados. Inicialmente observa-se que o GOR do sistema de dessalinização é muito baixo, havendo ainda a possibilidade de aumento da vazão de água produzida de maneira que este fator tenha um valor entre 8 e 16. O custo de construção do sistema de dessalinização é de aproximadamente R\$ 76 milhões, enquanto o custo de

operação seria de aproximadamente R\$ 11 milhões por ano. A energia disponível na termoelétrica seria suficiente para alimentar o sistema de dessalinização em questão, uma vez que a temperatura de saída dos gases de exaustão foi reduzida para 338°C, representando uma transferência de energia de 62,456 MW.

O sistema de transportes é uma fator essencial para este tipo de projeto, tendo em vista o alto custo de construção dos dutos para transporte da água produzida. O valor do custo de construção representa 62% do custo de construção do sistema de dessalinização, enquanto o custo operacional equivale a R\$ 1 milhão por ano. Seria necessária a instalação de 1 estação de bombeio em cada linha, sendo a potência disponível para cada uma de 500 kW.

A parte de viabilidade econômica demonstra que este sistema seria viável para o valor de comercialização indicado, de aproximadamente R\$ 0,02. O índice de lucratividade seria de 6,30, ou seja, o VPL seria quase seis vezes maior que o valor investido. O *payback* seria de 2 anos, ou seja, este seria o tempo necessário para recuperação do investimento.

Como é possível perceber, o valor de comercialização da água produzida é decisivo para determinar a viabilidade do sistema.

Além das informações essenciais acima citadas, o relatório de resultados indica que a quantidade de sal produzida seria de 500 toneladas por dia. Este seria um dos fatores limitantes do projeto, a menos que o sal produzido seja também comercializado.

5.2.

Estudo de caso 2 - Cidade de Santa Bárbara

Neste estudo de caso será abordada uma nova condição de abastecimento, considerando uma vazão e uma distância maior do que no caso anterior com a condição de seu custo de construção e montagem ser inferior, tendo em vista que não se trata de uma região metropolitana.

Este sistema de produção seria utilizado para manter um nível estável de abastecimento, de maneira que em épocas de estiagem a produção agrícola seja garantida. O sistema em questão não prevê o sistema de distribuição da água no território da cidade de Santa Bárbara, ficando restrito apenas à entrega do produto na cidade.

Uma das principais vantagens deste sistema é a grande disponibilidade de energia térmica na região do Recôncavo Baiano, local onde estaria posicionado o sistema de dessalinização. Mais uma vez destaca-se que não será considerado a poluição da água na região costeira da Bahia, o que poderia gerar a necessidade de incluir um sistema de pré-tratamento.

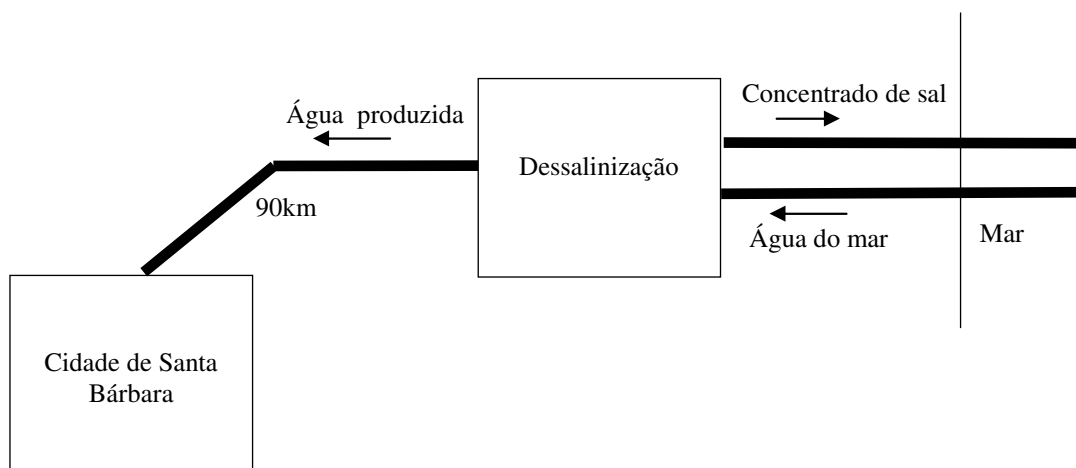


Figura 42 – Resultados para estudo de caso 1.

Os dados de entrada para o estudo de caso 2 podem ser encontrados na Tabela 4. A distância entre o sistema de dessalinização e o ponto de entrega é de 90 km, enquanto a distância do sistema em relação à costa é de 3 km. A demanda de 7.300 m³/dia foi obtida através do Relatório de Demanda Tendencial (ANA, 2004). O preço de comercialização foi estimado em R\$ 0,002 por litro de água. Os demais dados para dimensionamento da planta foram mantidos em relação ao estudo de caso anterior.

Apesar da vazão reduzida e da baixa altitude do ponto de entrega, fatores que favorecem a viabilidade do sistema, o baixo preço de comercialização torna o projeto inviável, conforme indicado na Tabela 5.

Tabela 4 – Dados gerais para estudo de caso 2.

Item	Valor	Unidade
Distância do ponto de entrega	90	km
Distância entre a planta e a costa	3	km

Demanda	7.300	m ³ /dia
Preço inicial de comercialização	0,002	R\$/litro
Taxa de desconto	10	% a.a.
Taxa de câmbio	1,60	R\$/dólar
Diâmetro do duto principal	16	polegadas
Diâmetro do duto de rejeitos	12	polegadas
Diâmetro do duto de admissão	12	polegadas
Termoelétrica	300	MW
Potência disponível-duto principal	0,5	MW
Potência disponível-duto admissão	0,5	MW
Potência disponível-duto rejeito	0,5	MW
Temperatura da água do mar	25	°C
Preço da energia pelo SIN	150	R\$/MWh
Custo de construção dos dutos	5	R\$/kg
Temperatura dos gases de exaustão	400	°C
Elevação em relação ao nível do mar	8	M

Os resultados da Tabela 5 mostram que a energia disponível na Termoelétrica seria suficiente para gerar a quantidade de água necessária. A baixa quantidade de água produzida, quando comparada com a quantidade de energia disponível, demonstra que a planta está subutilizada, com um GOR igual a 2.

Neste caso de abastecimento, pode-se notar o alto custo do sistema de transportes, cujo CAPEX é praticamente igual ao da planta de dessalinização. Os resultados de viabilidade mostram o VPL e o índice de lucratividade negativos, o que indica a total inviabilidade do sistema.

Uma das vantagens desta metodologia é a possibilidade de gerar resultados para diferentes casos sem alterar os dados básicos do problema. Por exemplo,

pode-se variar o preço de comercialização de maneira a encontrar um cenário em que o abastecimento seria viável. Alterando o valor do preço de comercialização na tela de entrada (Figura 33) e clicando no botão VPL (Figura 39) obtém-se o novo resultado, mostrado na Tabela 6.

Tabela 5 – Resultados iniciais para estudo de caso 2.

Programa de Dessalinização v.0		
Relatório de Resultados		
Localidade	Santa Bárbara	
Termoelétrica		
DESSALINIZADOR		
Emissão de Gases de Exaustão	3.600	tonelada/dia
Vazão produzida	7.300	tonelada/dia
GOR	2	
Cons. Energético	1	MWh
Custo Energético	1.137.964	R\$
CAPEX da planta de dessalinização	29.201.321	R\$
OPEX da planta de dessalinização	4.058.096	R\$/ano
Volume Água Comercial	7.300	m3/dia
Receita Água	5.329.000	R\$/ano
Energia requerida na célula 1	22,796	MW
Variação de T na celula 1	22,717	K
T na saída da celula 1	377	oC
SISTEMA DE TRANSPORTE		
Est Bombeio Duto Principal	0,1	
Est Bombeio Duto Admissão	0,1	
Est Bombeio Duto Rejeito	0,0	
Potência disponível duto principal	0,5	MW/estação
Potência disponível duto rejeito	0,5	MW/estação
Potência disponível duto admissão	0,5	MW/estação
Custo de bombeio duto principal	44.540,1	R\$/ano
Custo de bombeio duto rejeito	7.356,2	R\$/ano
Custo de bombeio duto admissão	38.100,0	R\$/ano
CAPEX do sistema de transporte	26.392.918,4	R\$
OPEX do sistema de transporte	89.996,4	R\$/ano
VIABILIDADE ECONÔMICA		
VPL	-105.672.965,55	R\$
Índice de Lucratividade (IL)	-1,81	
Payback	0	anos
INFORMAÇÕES ADICIONAIS		
Quantidade de sal produzido	182,5	tonelada/dia
Quantidade de lítio disponível	6,66125	kg/ano

A alteração do preço de comercialização para R\$ 0,008 por litro foi determinante para a viabilidade do sistema, tornando o VPL e o IL positivos e levando o *payback* para 8 anos.

Tabela 6 – Resultados para estudo de caso 2 com alteração no valor de comercialização.

Programa de Dessalinização v.0		
Relatório de Resultados		
Localidade	Santa Bárbara	
Termoelétrica		
DESSALINIZADOR		
Emissão de Gases de Exaustão	3.600	tonelada/dia
Vazão produzida	7.300	tonelada/dia
GOR	2	
Cons. Energético	1	MWh
Custo Energético	1.137.964	R\$
CAPEX da planta de dessalinização	29.201.321	R\$
OPEX da planta de dessalinização	4.058.096	R\$/ano
Volume Água Comercial	7.300	m3/dia
Receita Água	21.316.000	R\$/ano
Energia requerida na célula 1	22,796	MW
Variação de T na celula 1	22,717	K
T na saída da celula 1	377	oC
SISTEMA DE TRANSPORTE		
Est Bombeio Duto Principal	0,1	
Est Bombeio Duto Admissão	0,1	
Est Bombeio Duto Rejeito	0,0	
Potência disponível duto principal	0,5	MW/estação
Potência disponível duto rejeito	0,5	MW/estação
Potência disponível duto admissão	0,5	MW/estação
Custo de bombeio duto principal	44.540,1	R\$/ano
Custo de bombeio duto rejeito	7.356,2	R\$/ano
Custo de bombeio duto admissão	38.100,0	R\$/ano
CAPEX do sistema de transporte	26.392.918,4	R\$
OPEX do sistema de transporte	89.996,4	R\$/ano
VIABILIDADE ECONÔMICA		
VPL	45.035.116,03	R\$
Índice de Lucratividade (IL)	0,77	
Payback	8	anos
INFORMAÇÕES ADICIONAIS		
Quantidade de sal produzido	182,5	tonelada/dia
Quantidade de lítio disponível	6,66125	kg/ano

5.3.

Estudo de caso 3 – Região Metropolitana do Nordeste

O terceiro estudo de caso foi idealizado para simular o abastecimento de uma metrópole com 1 milhão de habitantes. Assumindo um consumo *per capita* de 1000 litros por dia por família (4 pessoas), a vazão requerida seria de 250.000 m³/dia. Vale lembrar que com este estudo buscou-se um caso extremo de

abastecimento, identificando todos os obstáculos possíveis para a viabilidade do sistema.

Apesar da grande vazão necessária, o fato de se tratar de uma cidade do litoral permite que se tire vantagem das curtas distâncias percorridas pelos dutos, reduzindo consideravelmente o custo de construção.

As altas vazões devem também ser compensadas com uma alta vazão de gases de exaustão da termoelétrica, caso contrário pode-se chegar a um valor insuficiente de energia para suprir o sistema.

Tabela 7 – Dados gerais para estudo de caso 3.

Item	Valor	Unidade
Distância do ponto de entrega	5	km
Distância entre a planta e a costa	1	km
Demanda	250.000	M ³ /dia
Preço inicial de comercialização	0,008	R\$/litro
Taxa de desconto	10	% a.a.
Taxa de câmbio	1,60	R\$/dólar
Diâmetro do duto principal	24	polegadas
Diâmetro do duto de rejeitos	16	polegadas
Diâmetro do duto de admissão	16	polegadas
Termoelétrica	500	MW
Potência disponível-duto principal	0,5	MW
Potência disponível-duto admissão	0,5	MW
Potência disponível-duto rejeito	0,5	MW
Temperatura da água do mar	25	°C
Preço da energia pelo SIN	150	R\$/MWh
Custo de construção dos dutos	5	R\$/kg

Temperatura dos gases de exaustão	400	°C
Elevação em relação ao nível do mar	5	m

Considerando os dados especificados na Tabela 7, o programa exibe uma mensagem de erro (Tabela 8), caracterizada pela temperatura de saída negativa, pois a energia disponível na termoeletrica não é suficiente para abastecer o sistema de dessalinização. Assim, são possíveis duas alternativas para viabilizar o sistema tecnicamente: a primeira seria a redução da vazão de saída do dessalinizador; a segunda seria o aumento da capacidade da termoeletrica ou da temperatura dos gases de exaustão. A alteração dos dados de entrada, utilizando uma termoeletrica de maior porte (600MW), fornece resultados para um abastecimento viável, ou seja, com a nova capacidade da termoeletrica a energia disponível é suficiente para produção da vazão de água requerida.

Além das alterações sugeridas para o dessalinizador, o sistema de transportes também deve ser redefinido em alguns parâmetros, através do aumento da potência requerida e do aumento de diâmetro dos dutos de transporte. O duto principal deve chegar a 30 polegadas, enquanto os dutos de admissão e rejeito devem atingir 24 polegadas de diâmetro. Trata-se, portanto, de um sistema de grande porte. Os novos resultados são mostrados na Tabela 9.

Apesar do projeto ser viável sob novas condições, pode-se perceber na nesta tabela que os resultados são atípicos, começando pelo GOR, que atingiu o valor de 35, o que indica a necessidade de aumentar ainda mais a capacidade da termoeletrica. O diâmetro dos dutos sofreu aumento considerável, elevando o custo de compra e de construção e montagem do sistema, apesar das curtas distâncias a serem percorridas. Outro valor que é visivelmente alto é o CAPEX do sistema de dessalinização, que quase atinge a marca de R\$ 1 bilhão. Destaca-se também a quantidade de sal produzida, atingindo o valor de 6.250 toneladas por dia, quantidade que certamente seria de difícil manuseio.

Os resultados atípicos não tiram a atratividade do projeto que, para um preço de comercialização de R\$ 0,008, garante um retorno em 7 anos, com um índice de lucratividade próximo da unidade.

Tabela 8 – Resultados para estudo de caso . Erro no cálculo do sistema de dessalinização.

Programa de Dessalinização v.0		
Relatório de Resultados		
Localidade	Recife	
Termoelétrica		
DESSALINIZADOR		
Emissão de Gases de Exaustão		tonelada/dia
Vazão produzida		tonelada/dia
GOR		
Cons. Energético		MWh
Custo Energético		R\$
CAPEX da planta de dessalinização		R\$
OPEX da planta de dessalinização		R\$/ano
Volume Água Comercial		m3/dia
Receita Água		R\$/ano
Energia requerida na célula 1	780,695	MW
Variação de T na celula 1	466,783	K
T na saída da celula 1	-67	oC
SISTEMA DE TRANSPORTE		
Est Bombeio Duto Principal	0,1	
Est Bombeio Duto Admissão	0,1	
Est Bombeio Duto Rejeito	0,0	
Potência disponível duto principal	0,5	MW/estação
Potência disponível duto rejeito	0,5	MW/estação
Potência disponível duto admissão	0,5	MW/estação
Custo de bombeio duto principal	44.540,1	R\$/ano
Custo de bombeio duto rejeito	7.356,2	R\$/ano
Custo de bombeio duto admissão	38.100,0	R\$/ano
CAPEX do sistema de transporte	26.392.918,4	R\$
OPEX do sistema de transporte	89.996,4	R\$/ano
VIABILIDADE ECONÔMICA		
VPL	-117.653.672,23	R\$
Índice de Lucratividade (IL)	-2,01	
Payback	8	anos
INFORMAÇÕES ADICIONAIS		
Quantidade de sal produzido	6250	tonelada/dia
Quantidade de lítio disponível	228,125	kg/ano

Tabela 9 – Resultados para estudo de caso 3.

Programa de Dessalinização v.0		
Relatório de Resultados		
Localidade	Recife	
Termoelétrica		
DESSALINIZADOR		
Emissão de Gases de Exaustão	7.200	tonelada/dia
Vazão produzida	250.000	tonelada/dia
GOR	35	
Cons. Energético	30	MWh
Custo Energético	38.971.354	R\$
CAPEX da planta de dessalinização	926.902.774	R\$
OPEX da planta de dessalinização	131.661.632	R\$/ano
Volume Água Comercial	250.000	m3/dia
Receita Água	730.000.000	R\$/ano
Energia requerida na célula 1	780,695	MW
Variação de T na celula 1	388,986	K
T na saída da celula 1	11	oC
SISTEMA DE TRANSPORTE		
Est Bombeio Duto Principal	0,7	
Est Bombeio Duto Admissão	14,3	
Est Bombeio Duto Rejeito	0,0	
Potência disponível duto principal	1	MW/estação
Potência disponível duto rejeito	1	MW/estação
Potência disponível duto admissão	1	MW/estação
Custo de bombeio duto principal	964.593,3	R\$/ano
Custo de bombeio duto rejeito	14.721,2	R\$/ano
Custo de bombeio duto admissão	18.472.197,3	R\$/ano
CAPEX do sistema de transporte	31.232.375,3	R\$
OPEX do sistema de transporte	19.451.511,8	R\$/ano
VIABILIDADE ECONÔMICA		
VPL	1.749.505.786,62	R\$
Índice de Lucratividade (IL)	0,94	
Payback	7	anos
INFORMAÇÕES ADICIONAIS		
Quantidade de sal produzido	6250	tonelada/dia
Quantidade de lítio disponível	228,125	kg/ano

5.4.

Estudo de caso 4 – Abastecimento de Condomínios

O quarto estudo de caso avalia outra condição extrema do sistema, que é a operação com baixas vazões para o abastecimento de condomínios de luxo. Os mesmos valores de consumo do caso anterior serão utilizados para o dimensionamento deste sistema. Assumindo um condomínio com 30 casas, sendo que em cada casa residem 4 pessoas, chega-se a uma vazão de 30 m³/dia.

Tabela 10 – Dados gerais para estudo de caso 4.

Item	Valor	Unidade
Distância do ponto de entrega	1	km
Distância entre a planta e a costa	0,5	km
Demanda	30	m ³ /dia
Preço inicial de comercialização	0,15	R\$/litro
Taxa de desconto	10	% a.a.
Taxa de câmbio	1,60	R\$/dólar
Diâmetro do duto principal	10	polegadas
Diâmetro do duto de rejeitos	10	polegadas
Diâmetro do duto de admissão	10	polegadas
Termoelétrica	100	MW
Potência disponível-duto principal	0,05	MW
Potência disponível-duto admissão	0,05	MW
Potência disponível-duto rejeito	0,05	MW
Temperatura da água do mar	25	°C
Preço da energia pelo SIN	150	R\$/MWh
Custo de construção dos dutos	2	R\$/kg

Temperatura dos gases de exaustão	400	°C
Elevação em relação ao nível do mar	2	m

A grande redução na vazão requerida causa impacto em todos os demais sistemas envolvidos, começando pelo diâmetro dos dutos de transporte. A hipótese de abastecimento de condomínios próximos ao litoral é também de grande importância para a definição do comprimento dos dutos.

Apesar da energia necessária ser menor do que nos demais casos analisados, foi mantida a hipótese de proximidade com uma termoelétrica. Vale lembrar, no entanto, que a energia pode ser originada de outro sistema, como uma planta de energia solar, seguindo o conceito apresentado por Hatzikioseyian (2003).

Os resultados do programa para este caso, apresentados na Tabela 11, demonstram que o projeto é viável. No entanto, o valor de comercialização é maior do que o valor encontrado para os casos anteriores, onde a vazão era maior. Evidencia-se o efeito de escala da produção, ou seja, quanto maior a quantidade produzida mais a possibilidade de redução no valor de comercialização. Este resultado demonstra que a metodologia é coerente. O efeito prático deste fato é que os moradores do condomínio devem pagar mais caro pelo serviço do que os moradores da metrópole estudada no caso 3.

O sistema é viável, com um payback de 8 anos e o VPL é positivo. No entanto, o índice de lucratividade é menor do que a unidade, o que indica que o projeto deveria ser redefinido.

Os resultados obtidos no estudo de caso 4 demonstram também que o sistema de dessalinização térmica é mais adequado para a produção em grandes quantidades de água, por exemplo, para sistemas de irrigação, abastecimento de indústrias ou de cidades.

Tabela 11 – Resultados para estudo de caso 4.

Programa de Dessalinização v.0		
Relatório de Resultados		
Localidade	Santa Bárbara	
Termoelétrica		
DESSALINIZADOR		
Emissão de Gases de Exaustão	1.200	tonelada/dia
Vazão produzida	30	tonelada/dia
GOR	0	
Cons. Energético	0	MWh
Custo Energético	4.677	R\$
CAPEX da planta de dessalinização	2.310.964	R\$
OPEX da planta de dessalinização	235.773	R\$/ano
Volume Água Comercial	30	m3/dia
Receita Água	1.642.500	R\$/ano
Energia requerida na célula 1	0,094	MW
Variação de T na celula 1	0,280	K
T na saída da celula 1	400	oC
SISTEMA DE TRANSPORTE		
Est Bombeio Duto Principal	0,0	
Est Bombeio Duto Admissão	0,0	
Est Bombeio Duto Rejeito	0,0	
Potência disponível duto principal	0,05	MW/estação
Potência disponível duto rejeito	0,05	MW/estação
Potência disponível duto admissão	0,05	MW/estação
Custo de bombeio duto principal	250,4	R\$/ano
Custo de bombeio duto rejeito	31,3	R\$/ano
Custo de bombeio duto admissão	156,5	R\$/ano
CAPEX do sistema de transporte	106.644,4	R\$
OPEX do sistema de transporte	438,2	R\$/ano
VIABILIDADE ECONÔMICA		
VPL	4.013.107,27	R\$
Índice de Lucratividade (IL)	0,87	
Payback	8	anos
INFORMAÇÕES ADICIONAIS		
Quantidade de sal produzido	0,75	tonelada/dia
Quantidade de lítio disponível	0,027375	kg/ano

5.5.

Estudo de caso 5 – Cidade de Guamaré

O quinto e último caso estuda a configuração do município de Guamaré, onde está localizado um dos maiores pólos petroquímicos da Petrobras. A cidade fica localizada a 5km da costa do Rio Grande do Norte e possui assentamentos que devem ser abastecidos continuamente.

Neste caso a energia seria proveniente de um pólo petroquímico, no entanto, para fins de modelagem, será assumida uma termoelétrica de 150 MW. O objetivo dos estudos de caso é demonstrar a versatilidade da metodologia criada para facilitar a análise de diferentes casos. A inclusão deste caso serve também como demonstração de que o sistema deve ser aplicado em casos específicos onde se encontra a demanda por água, a oferta de energia térmica e as condições geográficas e topográficas ideais, tais como baixa elevação em relação ao nível do mar e proximidade em relação à costa. A cidade de Guamaré seria um caso ideal de aplicação dos sistemas de dessalinização térmica, levando em consideração os parâmetros assumidos neste trabalho.

A cidade de Guamaré está localizada na costa do Rio Grande do Norte em um terreno praticamente plano. Sendo assim, a elevação em relação ao nível do mar será considerada nula. O valor de 5 km foi estimado, uma vez que a água produzida não seria utilizada pela cidade de Guamaré mas sim pelos assentamentos, que sofrem nos períodos de estiagem.

A vazão assumida é de 2.333 m³/dia, obtida através do Relatório de Demanda Tendencial (ANA, 2004). Os demais parâmetros deste estudo de caso estão resumidos na Tabela 12.

Tabela 12 – Dados gerais para estudo de caso 5.

Item	Valor	Unidade
Distância do ponto de entrega	5	km
Distância entre a planta e a costa	0,5	km
Demanda	2333	m ³ /dia
Preço inicial de comercialização	0,05	R\$/litro

Taxa de desconto	10	% a.a.
Taxa de câmbio	1,60	R\$/dólar
Diâmetro do duto principal	8	polegadas
Diâmetro do duto de rejeitos	8	polegadas
Diâmetro do duto de admissão	8	polegadas
Termoelétrica	150	MW
Potência disponível-duto principal	0,05	MW
Potência disponível-duto admissão	0,05	MW
Potência disponível-duto rejeito	0,05	MW
Temperatura da água do mar	25	°C
Preço da energia pelo SIN	150	R\$/MWh
Custo de construção dos dutos	2	R\$/kg
Temperatura dos gases de exaustão	400	°C
Elevação em relação ao nível do mar	0	m

Os resultados encontrados (Tabela 13) para o estudo de caso 5 demonstram a viabilidade do sistema para o preço de comercialização de R\$ 0,05 por litro. Este valor pode ser utilizado para comparação com outras alternativas de abastecimento. Destaca-se o baixo custo de capital necessário para o sistema de transportes, tendo em vista as condições geográficas da região que favorecem o bombeio dos fluidos.

Outro fator positivo é a produção de sal do sistema, favorecendo uma atividade econômica tradicional na região. A planta de dessalinização produziria 58 toneladas de sal por dia, quantidade que poderia ser utilizada para o aumento de receita do empreendimento, bem como do município, causando impacto também na quantidade de empregos da região. Análises adicionais são necessárias, incluindo informações mais detalhadas sobre a disponibilidade de energia térmica do pólo petroquímico da Petrobras. Ainda assim, este caso

simplificado demonstra que a configuração é extremamente favorável do ponto de vista técnico e econômico.

Tabela 13 – Resultados para estudo de caso 5.

Programa de Dessalinização v.0		
Relatório de Resultados		
Localidade	Guamaré	
Termoelétrica		
DESSALINIZADOR		
Emissão de Gases de Exaustão	1.800	tonelada/dia
Vazão produzida	2.333	tonelada/dia
GOR	1	
Cons. Energético	0	MWh
Custo Energético	363.681	R\$
CAPEX da planta de dessalinização	10.829.326	R\$
OPEX da planta de dessalinização	1.446.613	R\$/ano
Volume Água Comercial	2.333	m3/dia
Receita Água	8.515.450	R\$/ano
Energia requerida na célula 1	7,285	MW
Variação de T na celula 1	14,520	K
T na saída da celula 1	385	oC
SISTEMA DE TRANSPORTE		
Est Bombeio Duto Principal	0,0	
Est Bombeio Duto Admissão	0,5	
Est Bombeio Duto Rejeito	0,1	
Potência disponível duto principal	0,05	MW/estação
Potência disponível duto rejeito	0,05	MW/estação
Potência disponível duto admissão	0,05	MW/estação
Custo de bombeio duto principal	426,7	R\$/ano
Custo de bombeio duto rejeito	5.944,9	R\$/ano
Custo de bombeio duto admissão	30.081,6	R\$/ano
CAPEX do sistema de transporte	486.079,4	R\$
OPEX do sistema de transporte	36.453,2	R\$/ano
VIABILIDADE ECONÔMICA		
VPL	22.976.372,76	R\$
Índice de Lucratividade (IL)	1,06	
Payback	7	anos
INFORMAÇÕES ADICIONAIS		
Quantidade de sal produzido	58,325	tonelada/dia
Quantidade de lítio disponível	2,1288625	kg/ano