

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**VIABILIDADE ECONÔMICA DO COENTRO HIDROPÔNICO
CULTIVADO COM DIFERENTES CENÁRIOS DE PRODUÇÃO**

FRANCISCO JOSÉ NUNES MODESTO

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
JANEIRO DE 2023**

VIABILIDADE ECONÔMICA DO COENTRO HIDROPÔNICO CULTIVADO COM DIFERENTES CENÁRIOS DE PRODUÇÃO

FRANCISCO JOSÉ NUNES MODESTO

Trabalho de Conclusão do Curso de Doutorado em Engenharia Agrícola, como requisito parcial para obtenção do título de doutor.

Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares
UFRB - CCAAB

**CRUZ DAS ALMAS – BA
JANEIRO DE 2023**

FICHA CATALOGRÁFICA

M691v	<p>Modesto, Francisco José Nunes. Viabilidade do coentro hidropônico produzido com diferentes fontes de águas e energia / Francisco José Nunes Modesto. _ Cruz das Almas, BA, 2023. 185f.; il.</p> <p>Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Doutorado em Engenharia Agrícola.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Tales Miler Soares.</p> <p>1.Hidroponia – Plantas. 2.Hortaliças – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 631.585</p>
-------	---

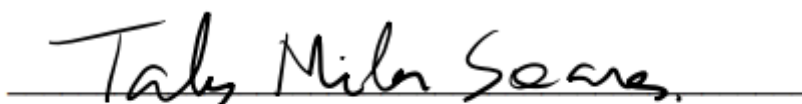
Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela Elaboração Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS.
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA


COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DO CURSO DE DOUTORADO

FRANCISCO JOSÉ NUNES MODESTO

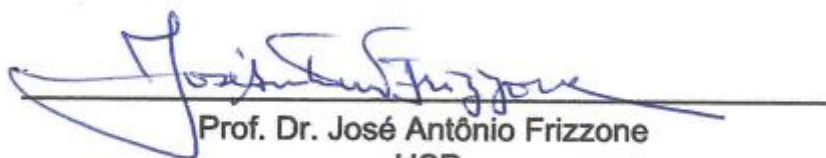
Tese aprovada em 26/01/2023



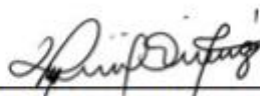
Prof. Dr. Tales Miler Soares
UFRB – CCAAB
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 VITAL PEDRO DA SILVA PAZ
Data: 28/03/2023 11:19:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz
UFRB – CCAAB



Prof. Dr. José Antônio Frizzone
USP



Prof. Dr. Tadeu Miranda de Queiroz
UNEMAT

Documento assinado digitalmente
 Jorge Luiz Barcelos Oliveira
Data: 26/03/2023 15:14:54-0300
CPF: ***.479.200-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Jorge Luiz Barcelos Oliveira
UFSC

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. Disponibilidade de água no Semiárido nordestino e captação de água pluviais	6
2.2. Hidroponia	8
2.3. Dessalinização da água	11
2.4. Análise de viabilidade econômica	15
2.4.1. Análise da viabilidade econômica da hidroponia	17
2.4.2. Viabilidade econômica do uso da Osmose Reversa	20
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Determinação das condições de produção necessárias para a realização da análise econômica	23
3.1.1. Ciclo de produção e produção esperada	23
3.1.2. Tamanho do módulo de produção	23
3.1.3. Preço da estrutura de germinação e do módulo de produção	24
3.1.4. Bancadas hidropônicas	26
3.1.5. Custos do reservatório da solução nutritiva e dimensionamento da bomba	28
3.1.6. funcionamento do módulo hidropônico	30
3.1.7. Dimensionamento do gerador	30
3.2. Custos para produção	31
3.2.1 Custos Fixos	31
3.2.1.1. Custo de mão de obra	31
3.2.1.2. Custo de manutenção	32
3.2.1.3. Custo alternativo do investimento	33
3.2.1.4. Custo do imposto de renda	33
3.2.1.5. Custo de Outorga	33
3.2.2 Custos variáveis	33
3.2.2.1. Custo de insumos	34
3.2.2.2. Custo de energia elétrica	35
3.2.2.3. Custo de colheita	39
3.2.2.4. Custo de transporte	39
3.2.2.5. Custo de captação de água da chuva	39
3.2.2.6. Custos de dessalinização	41
3.2.2.7. Custos e dimensionamento do sistema de produção de energia solar <i>off grid</i>	43
3.2.3. Custo total	44

3.4. Receita	44
3.5. Índices de viabilidade econômica	46
3.6. Análise probabilística	47
3.7. Horizonte de planejamento do projeto	49
3.8. Cenários avaliados	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1. Disponibilidade de água no Semiárido Baiano e seu possível uso na hidroponia	51
4.2. Montagem do módulo planejado	53
Mão-de-obra	53
Valor da estrutura principal para o cultivo do coentro	56
4.3. Produção do coentro com água “doce” com o bombeamento do poço em comparação com a água fornecida pela empresa de água e saneamento básico (EMBASA)	57
4.4. Produção do coentro hidropônico com uso direto da água salobra	71
4.5. Produção de coentro com água dessalinizada por Osmose Reversa	92
4.6. Produção com água captada pela chuva – Custos e Receitas	115
4.7. Viabilidade da produção de coentro hidropônico no cenário da energia solar	138
5. CONCLUSÕES	155
6. REFERÊNCIAS	157

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapeamento do processo produtivo do coentro, alface, almeirão, rúcula e agrião. Fonte: Andrade et al. (2015).	10
Figura 2: Relação retorno/risco para hortaliças estudadas no mercado Juazeiro-BA. Fonte: Lago e Oliveira (2016).	20
Figura 3: Disposição das bancadas hidropônicas no módulo de 7 x 30 m para a produção de coentro.	26
Figura 4: Análise de sensibilidade da viabilidade de um módulo de produção variando os indicadores do Payback Descontado, BLA e TIR para o mês de abril/2021.	70
Figura 5: Regressão dos valores do VPL para a profundidades de 20 m (A), 40 m (B) e 60 m (C) com as condutividades elétricas da água de 1,0 a 5,0 dSm ⁻¹ , para o mês de abril/2021.	77
Figura 6: Comparação do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 20 m.	98
Figura 7: Comparação do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 40 m.	99
Figura 8: Comparação do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 60 m.	99
Figura 9: Comparação dos valores do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para dois módulos de produção e profundidade de bombeamento de 20 m.	104
Figura 10: Comparação dos valores do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para dois módulos de produção e profundidade de bombeamento de 40 m.	105
Figura 11: Comparação dos valores do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para dois módulos de produção e profundidade de bombeamento de 60 m.	105
Figura 12: Comparação dos valores do Balanço Líquido Anual (BLA) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água	

dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção para a profundidade de 20 m. 108

Figura 13: Comparação dos valores do Balanço Líquido Anual (BLA) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para dois módulos de produção para a profundidade de 20 m. 109

Figura 14: Comparação dos valores do Payback Descontado (PD) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção na profundidade de 20 m. 112

Figura 15. Regressão dos valores do VPL uso combinado da água captada pluvial e água salobra e suas respectivas equações, para bombeamento de 20 m (A), 40 m (B) e 60 m (C). 121

Figura 16: Comparação dos valores do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra, água salobra + captada da chuva e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 20 m. 122

Figura 17. Comparação dos valores do Balanço Líquido Anual (BLA) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra, água salobra + captada da chuva e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 20 m. 128

Figura 18. Comparação dos valores de Payback Descontado (PBD) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra, água salobra + captada da chuva e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 20 m para o mês de abril/2021. 131

Figura 19. Comparação dos valores da Taxa Interna de Retorno (TIR) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra, água salobra + captada da chuva e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 20 m para o mês de abril/2021. 134

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Descrição e valores dos custos do tratamento da água salobra por osmose reversa (calculado pelo filtro do GDP, Indonésia).....	14
Tabela 2: Orçamento para a construção do berçário para a produção de mudas de coentro em abril/2021.....	24
Tabela 3: Orçamento para a construção do módulo planejado para o mês de abril/2021.....	25
Tabela 4: Orçamento necessário para a construção das bancadas hidropônicas planejadas para a produção de coentro realizado em abril/2021.....	27
Tabela 5: Orçamento para armazenamento e bombeamento da solução nutritiva na produção do coentro hidropônico em abril/2021.....	29
Tabela 6: Orçamento da máquina de pressão para a limpeza, balança, condutivímetro e peagâmetro para o mês de abril/2021.....	30
Tabela 7: Cálculo da potência necessária para aquisição do gerador do módulo de produção.....	31
Tabela 8: Solução nutritiva e ferro EDDHA 6% para produção do coentro e seus respectivos custos para o mês de abril/2021.....	34
Tabela 9: Ácido e base utilizados para a manutenção da solução nutritiva, detergente para a limpeza da estrutura e inseticidas, fungicida e acaricida para o combate de pragas e doenças para o mês de abril/2021.....	35
Tabela 10: Detalhamento do consumo de água para limpeza do ambiente protegido e eventuais perdas do processo.....	38
Tabela 11: Custo para a aquisição do dessalinizador Vega, construção do abrigo e escavação da lagoa de decantação para o mês de abril/2021.....	42
Tabela 12: Custos decorrentes do uso e manutenção do dessalinizador Vega para o mês de abril/2021.....	42
Tabela 13: Levantamento e classificação dos poços perfurados na Bahia de acordo com a condutividade elétrica (dS m^{-1}) com dados disponibilizados pela Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2019).....	49
Tabela 14: Classificação de cenários de acordo com o número de colheitas anuais esperado para a produção do coentro.....	50
Tabela 15. Levantamento e classificação dos poços perfurados na Bahia de acordo com a vazão ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$) com dados disponibilizados pela Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2019).....	52

Tabela 16. Levantamento e classificação dos poços perfurados na Bahia de acordo com a condutividade elétrica (dS m^{-1}) com dados disponibilizados pela Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2019).....	52
Tabela 17: Índices de produtividade laboral e tempos da mão-de-obra necessários para a montagem de um módulo de produção planejado para estudo.....	54
Tabela 18: Índices e tempos da mão-de-obra necessários para a montagem das bancadas produtivas para a cultura do coentro para um módulo de produção. 55	
Tabela 19. Composição dos custos de produção para um módulo planejado, com o uso da água bombeada do poço e água tratada para 12 ciclos de produção do coentro hidropônico em abril/2021.....	58
Tabela 20. Custo unitário anual de produção de um maço de coentro hidropônico de acordo com o número de ciclos para um módulo de produção no mês de abril/2021.....	61
Tabela 21. Custo m^3 de água utilizada para a produção do coentro hidropônico para as profundidades de bombeamento analisadas.....	62
Tabela 22: Valores do Benefício Líquido Mensal e Anual (BLA) e Payback (PD) em anos para a produção do coentro no módulo hidropônico planejado com água “doce” bombeada de poço, em função do número de ciclos de produção no ano para abril/2021.....	64
Tabela 23: Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para a produção do coentro no módulo hidropônico planejado com água “doce” captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades até quatro módulos de produção para o mês de abril/2021.....	67
Tabela 24: Valor da Taxa Interna de Retorno (TIR) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” bombeada do poço, para os ciclos de produção planejados para o mês de abril/2021.....	69
Tabela 25. Custo unitário anual do coentro hidropônico de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE_a) para um módulo de produção para o mês de abril/2021.....	72
Tabela 26: Custo unitário anual para produção do coentro hidropônico de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE_a) para dois módulos de produção para o mês de abril/2021.....	73
Tabela 27. Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para um módulo de produção do coentro hidropônico planejado com uso água salobra, em diferentes números de ciclos de produção anuais para as profundidades de 20, 40 e 60 m de bombeamento do poço para o mês de abril/2021.....	75

Tabela 28. Condutividade elétrica da água que zera o VPL para as profundidades de bombeamento de 20, 40 e 60 m para os diferentes ciclos de produção analisados no mês de abril/2021.....	76
Tabela 29. Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para dois módulos de produção do coentro hidropônico planejada com uso água salobra, em diferentes números de ciclos de produção anuais para as profundidades de 20, 40 e 60 m de bombeamento do poço, para o mês de abril/2021.....	79
Tabela 30. Incremento do valor do VPL de acordo com os ciclos de produção, adicionando o segundo módulo de produção para a profundidades de 20, 40 e 60 m de acordo com a condutividade elétrica da água utilizada (CE _a).....	80
Tabela 31. Condutividade elétrica da água que zera o VPL para as profundidades de bombeamento de 20, 40 e 60 m para os diferentes ciclos de produção analisados no mês de abril/2021, para dois módulos de produção.....	82
Tabela 32. Esperança do valor do Balanço Líquido Anual (BLA) para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso água salobra com diferentes níveis de condutividade elétrica e ciclos de produção anuais para o mês de abril/2021.....	84
Tabela 33. Esperança do valor do Payback Descontado (PD) em anos para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso água salobra com diferentes níveis de condutividade elétrica e ciclos de produção anuais para o mês de abril/2021.....	87
Tabela 34: Esperança do valor da Taxa Interna de Retorno (TIR) para a produção do coentro no módulo hidropônico planejado com uso de água salobra para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso de água salobra com diferentes níveis de condutividade elétrica e ciclos de produção anuais para o mês de abril/2021.....	90
Tabela 35. Custo unitário anual para a produção do coentro hidropônico de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE _a) para um módulo de produção para abril/2021.....	93
Tabela 36. Custo unitário anual para a produção do coentro hidropônico de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE _a) para dois módulos de produção para o mês de abril/2021.....	94
Tabela 37. Custo do m ³ da água dessalinizada (profundidades de bombeamento de 20, 40 e 60 m) para a produção do coentro hidropônico no módulo planejado de produção para o mês de abril/2021.....	94
Tabela 38: Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para um módulo de produção do coentro hidropônico planejado com uso água dessalinizada por Osmose Reversa em diferentes números de ciclos de produção anuais, condutividade elétrica e profundidade de bombeamento para abril/2021.....	96

Tabela 39: Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para dois módulos de produção do coentro hidropônico planejados com uso água dessalinizada por Osmose Reversa em diferentes números de ciclos de produção anuais e profundidades de bombeamento para abril/2021.....	101
Tabela 40: Incremento do valor do VPL de acordo com os ciclos de produção, adicionando o segundo módulo de produção para a profundidades de 20, 40 e 60 m de acordo com a condutividade elétrica da água utilizada (CE_a) para abril/2021.....	102
Tabela 41: Esperança do valor do Balanço Líquido Anual (BLA) para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso de água dessalinizada por Osmose Reversa com diferentes níveis de condutividade elétrica e ciclos de produção anuais para abril/2021.....	106
Tabela 42: Esperança do valor do Payback Descontado (PBD) e o % aumento em relação à produção com água “doce” para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso de água dessalinizada por Osmose Reversa com diferentes níveis de condutividade elétrica e ciclos de produção anuais para abril/2021.....	110
Tabela 43: Esperança do valor da Taxa Interna de Retorno (TIR) para a produção no módulo hidropônico planejado com uso de água dessalinizada por Osmose Reversa para um e dois módulos com diferentes níveis de condutividade elétrica da água (CE_a), ciclos de produção anuais e profundidades de bombeamento para abril/2021.....	113
Tabela 45: Custos dos itens para construção do reservatório de armazenamento da água captada da chuva no módulo planejado.....	116
Tabela 46. Custo unitário anual para a produção de 1 maço de coentro de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE_a) para um módulo de produção.....	117
Tabela 47: Custo unitário para produção de um maço de coentro de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE_a) para dois módulos de produção.....	117
Tabela 48. Esperança dos valores de probabilidade de viabilidade, Valor Presente Líquido (VPL), para a produção no módulo hidropônico planejado com uso de água captada da chuva complementada com uso de água salobra para um módulo com diferentes ciclos de produção anuais e profundidades de bombeamento para abril/2021.....	119
Tabela 49. Condutividade elétrica da água que zera o VPL para as profundidades de bombeamento de 20, 40 e 60 m para os diferentes ciclos de produção analisados no mês de abril/2021.....	120
Tabela 50. Esperança dos valores de probabilidade de viabilidade, Valor Presente Líquido (VPL), para a produção no módulo hidropônico planejado com uso de água captada da chuva complementada com uso de água salobra para	

dois módulos com diferentes ciclos de produção anuais e profundidades de bombeamento para abril/2021.....124

Tabela 51. Incremento do valor do VPL de acordo com os ciclos de produção, adicionando o segundo módulo de produção para a profundidades de 20, 40 e 60 m de acordo com a condutividade elétrica da água utilizada (CE_a)..... 125

Tabela 52. Condutividade elétrica da água que zera o VPL para as profundidades de bombeamento de 20, 40 e 60 m para os diferentes ciclos de produção analisados no mês de abril/2021..... 127

Tabela 53. Esperança do valor do Balanço Líquido Anual (BLA) para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso de água captada da chuva mais água salobra com diferentes níveis de condutividade elétrica, profundidades de bombeamento e ciclos de produção anuais para o mês de abril/2021..... 129

Tabela 54. Esperança do valor do Payback Descontado (PBD) e o % aumento em relação à produção com água “doce” para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso de água captada da chuva em conjunto com a água salobra com diferentes níveis de condutividade elétrica, profundidade de bombeamento do poço e ciclos de produção anuais para abril/2021..... 132

Tabela 55. Esperança do valor da Taxa Interna de Retorno (TIR) para a produção no módulo hidropônico planejado com uso de água salobra mais a água captada da chuva para um e dois módulos com diferentes níveis de condutividade elétrica da água (CE_a), ciclos de produção anuais e profundidades de bombeamento para o mês de abril/2021..... 135

Tabela 56: Orçamento dos materiais necessários para montagem do sistema off grid de produção de energia solar para bombeamento da água do poço para o mês de abril/2021..... 139

Tabela 57. Orçamento dos materiais necessários para montagem do sistema off grid de produção de energia solar para bombeamento da água do poço e seu complementar do dessalinizador para o mês de abril/2021..... 141

Tabela 58. Valores do custo unitário para a produção do coentro hidropônico com as diferentes fontes de água com a utilização do sistema de produção de energia solar off-grid para o mês de abril/2021..... 142

Tabela 59: Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” e água salobra captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades para um módulo de produção para o mês de abril/2021..... 145

Tabela 60: Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” e água salobra captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades para dois módulos de produção para o mês de abril/2021..... 146

Tabela 61. Benefício Líquido Anual (BLA) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” e água salobra captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades para um e dois módulos de produção para o mês de abril/2021..... 149

Tabela 62. Payback Descontado (PD) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” e água salobra captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades para um e dois módulos de produção para o mês de abril/2021..... 151

Tabela 63. Taxa Interna de Retorno (TIR) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” e água salobra captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades para um e dois módulos de produção para o mês de abril/2021..... 152

Viabilidade econômica do coentro hidropônico produzido com diferentes fontes de água e energia

Resumo: A economia mundial passa por um momento de escassez de recursos econômicos em que se faz necessário a discussão do seu uso racional. Nesse sentido a agricultura moderna necessita de planejamento econômico, ambiental e social para que seja viável e rentável. Entre as técnicas agrícolas, a hidroponia tem alto potencial de produção e geração de riqueza, porém não se tem muitos trabalhos científicos para discutir sua viabilidade. O trabalho teve como objetivo: avaliar a viabilidade econômica do cultivo hidropônico do coentro com uso de diferentes fontes de água, comparando o uso de água tratada advinda do sistema público de abastecimento, água dessalinizada por Osmose Reversa, água da captação pluvial e uso direto da água salobra. A primeira etapa do trabalho foi realizar o planejamento necessário para a construção de um módulo de produção do coentro hidropônico de 7 x 30 m, sendo orçados seus custos de construção. A segunda etapa consistiu na identificação dos custos (mão-de-obra, transporte, energia elétrica, entre outros) e receitas (com a pesquisa da série histórica dos preços) para a produção do coentro hidropônico. A terceira etapa foi simular através do método de Monte Carlo os indicadores econômicos: Valor Presente Líquido, Payback Descontado e a Taxa Interna de Retorno para a produção do coentro hidropônico com diferentes fontes de água (salobra, dessalinizada por Osmose Reversa e captada da chuva, “Doce”), bombeada em diferentes profundidades (20, 40 e 60 m) ou fornecida pela empresa de tratamento de água, assim como diferentes fontes de energia (energia solar e da concessionária). A simulação foi realizada para diferentes números de módulos de produção e ciclos de produção (10, 11, 12, 13 e 14). Foi verificado que para o uso direto da água salobra foi possível produzir o coentro hidropônico até a condutividade elétrica da água de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. A mistura da água captada da chuva melhora os indicadores em relação ao uso direto da água salobra. Com a água dessalinizada não é viável produzir com 10 ciclos de produção para nenhuma situação analisada. Para todas as fontes de água o aumento dos ciclos de produção promove o aumento dos valores de viabilidade. Na comparação das diferentes fontes de água, a água dessalinizada tem vantagem em todas as situações analisadas a partir de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Palavras-chave: Investimento, probabilidade, *Coriandrum sativum*, hortaliça

Economic viability of hydroponic coriander produced with different sources of water and energy

Abstract: The world economy is going through a time of scarcity of economic resources in which it is necessary to discuss their rational use. In this sense, modern agriculture needs economic, environmental and social planning to be viable and profitable. Among agricultural techniques, hydroponics has a high potential for production and wealth generation, but there are not many scientific works to discuss its viability. The objective of this work was to evaluate the economic viability of hydroponic coriander/cilantro cultivation using different water sources, comparing the use of treated water from the public supply system, desalinated water by Reverse Osmosis, rainwater collection and direct use of brackish water. The first stage of the work was to carry out the necessary planning for the construction of a 7 x 30 m hydroponic coriander/cilantro production module, budgeting its construction costs. The second stage consisted of identifying the costs (labor, transport, electricity, among others) and revenues (with the research of the historical series of prices) for the production of hydroponic coriander/cilantro. The third stage was to simulate, through the Monte Carlo method, the economic indicators: Net Present Value, Discounted Payback and the Internal Rate of Return for the production of hydroponic coriander/cilantro with different water sources (brackish, desalinated by Reverse Osmosis and collected from rain, "Doce"), pumped at different depths (20, 40 and 60 m) or provided by the water treatment company, as well as different energy sources (solar and utility energy). The simulation was carried out for different numbers of production modules and production cycles (10, 11, 12, 13 and 14). It was verified that for the direct use of brackish water it was possible to produce hydroponic coriander up to the electrical conductivity of water of 2.0 dS m^{-1} . The mixture of rainwater collected improves the indicators in relation to the direct use of brackish water. With desalinated water, it is not feasible to produce with 10 production cycles for any analyzed situation. For all water sources, increasing production cycles promotes increased viability values. Comparing different water sources, desalinated water has an advantage in all situations analyzed from 2.0 dS m^{-1} .

Keywords: Investment, probability, *Coriandrum sativum*, vegetables.

1. INTRODUÇÃO

A realidade mundial atual de crises sociais e econômicas em que a escassez de recursos ambientais e econômicos é uma temática cada vez mais discutida e pertinente. Esse fato deve ser agravado por mudanças climáticas que estão ocorrendo no planeta, o que impacta de forma marcante na disponibilidade, de um dos recursos mais importantes da agricultura que é a água. A discussão do uso mais racional dos recursos de produção, principalmente da água e da energia para a produção é uma necessidade para o embasamento das decisões da agricultura moderna.

A hidroponia, nesse contexto, surge como uma técnica promissora tanto para o uso racional da água e da energia solar, como para alocação e multiplicação dos recursos econômicos, pois demanda menos água e energia para a produção comercial, com produtos de alto valor agregado e mais fácil comercialização.

Historicamente, a hidroponia tem atraído a atenção de novos investidores, muitas vezes sem experiência na produção agrícola, em função do retorno econômico supostamente elevado. Por outro lado, muitos desses investidores têm falido por não conhecerem os custos de produção envolvidos e não dominarem adequadamente a técnica. Uma das principais causas de fracasso de empreendimento hidropônico diz respeito à qualidade da água e nesse contexto empregar água tratada pelo sistema de abastecimento público pode ser uma opção mitigadora para os problemas fitossanitários. O emprego de tal recurso hídrico pode ser muito adequado à hidroponia urbana, mas tem como restrição o elevado custo, que é tanto maior quanto maior for a escala do empreendimento.

Em áreas mais distantes da zona urbana ou que não dispõem de adequado sistema de abastecimento público, recorre-se às águas superficiais (rios, lagos, açudes), que geralmente têm melhor qualidade química, mas menor qualidade fitossanitária, ou às águas subterrâneas, que geralmente têm melhor qualidade fitossanitária, mas, que, em regiões como o Semiárido, podem ter qualidade química limitante.

Consequência da escassez de águas superficiais, as águas subterrâneas são hoje uma das alternativas mais procuradas por produtores agrícolas em geral, porém pode ter sua qualidade reduzida, consequência de maior concentração de sais. Além disso, em locais onde são exploradas sobre baixas vazões, essas águas tendem a ser restritivas para a irrigação convencional, praticada em cultivos menos intensivos.

Águas subterrâneas salobras exploradas de poços com baixas vazões é uma realidade comum a diversas regiões, contudo tem seu contexto agravado em condições áridas ou semiárida como na Região Semiárida, que ocupa área significativa do Nordeste brasileiro. Para cenários como este, a hidroponia pode possibilitar o uso direto de águas de menor qualidade em função da concentração de sais, como mostram diversos estudos técnicos científicos realizados com diversas culturas como o coentro, alface, quiabo. Entretanto, a viabilidade técnica de produção com água salobra pode esbarrar na viabilidade econômica, fato não muito explorado e discutido pelos pesquisadores da área.

A discussão da viabilidade econômica do uso da água salobra, o uso da Osmose Reversa - técnica de dessalinização mais utilizada no Brasil - surge como alternativa de uso indireto desse tipo de água, pois proporciona a água de qualidade desejada para a produção potencial. No entanto, trata-se de uma técnica onerosa e que requer qualificação para seu uso, tendo ainda como desvantagem a produção do rejeito salino, cuja destinação adequada pode contribuir para a elevação dos custos.

O aumento dos custos de investimentos inicial e dos de produção com uso da Osmose Reversa gera uma relevante discussão da vantagem da produção de água “doce” ou utilização direta da água salobra para a produção na hidroponia. Assim, problemas e possíveis críticas quanto ao uso direto da água salobra ou dessalinizada e uso da água proveniente da captação das chuvas na hidroponia devem ser discutidos por pesquisadores e apresentados à sociedade, em conjunto.

A estrutura necessária para produção hidropônica pode proporcionar a possibilidade de captação das águas de chuvas. Isso pode garantir autossuficiência hídrica para o empreendimento, em regiões mais chuvosas, ou pode contribuir aumentando a disponibilidade hídrica do empreendimento em regiões mais secas. Nesse último caso, a água pluvial captada pode ser

combinada com outras fontes hídricas, incluindo sua mistura física com águas salobras, até o limite tolerado pela cultura, com diferentes estratégias de combinação.

Estudos de viabilidade econômica conduzidos com culturas que tradicionalmente garantem um bom retorno econômico, como é o caso do coentro, podem direcionar de forma mais assertiva a atividade hidropônica, dotando os agricultores de informações técnicas econômicas confiáveis, tornando a produção hidropônica, na realidade analisada, sustentável e duradoura.

A viabilidade econômica baseada em análises probabilísticas que buscam refletir a realidade do investimento, partindo de níveis de confiança e índices econômicos, como VPL (valor presente líquido), Payback e TIR (taxa interna de retorno) tornam possível o correto direcionamento do emprego de recursos já escassos. Vale ressaltar que as decisões de investimento são fundamentadas em análises desse sentido, o que não pode ser diferente para a realidade do pequeno produtor rural, que possui menor potencial para se recuperar de possíveis erros na tomada de decisão de onde investir seus recursos.

Estudos nacionais sobre a viabilidade econômica da hidroponia não tratam do emprego de águas de diferentes fontes, tão pouco são baseados na Região Semiárida. Nesse sentido, não parece adequado extrapolar para essa região os indicadores econômicos da hidroponia oriundos daqueles estudos. A análise científica conduzida no presente estudo tem caráter universal, mas foi feita especificamente para a cultura do coentro, que tem destacada relevância regional e é umas das culturas mais promissoras na hidroponia.

A hipótese principal do estudo é que é viável a produção econômica do coentro (*Coriandrum sativum*) com o uso direto de águas salobras com condutividade elétrica (CE) de até 5,0 dS m⁻¹ (deciSiemens por metro), limite de salinidade que integra cerca de 84,60% dos poços perfurados no Estado da Bahia, conforme dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (2019). Essa hipótese foi levantada com base em estudos que apontavam para reduções relativas moderadas e quadro de sintomas visuais pouco comprometedores para a comercialização do coentro hidropônico com águas salobras. Outras hipóteses investigadas: o uso da Osmose Reversa inviabiliza a produção hidropônica do coentro em virtude do seu alto custo; o uso

de água tratada proveniente do sistema de abastecimento público do Estado da Bahia (EMBASA) garante viabilidade de produção com seu uso; a captação de água da chuva empregando a própria estrutura de produção hidropônica aumenta a viabilidade econômica com o uso combinado com a água salobra.

Além das contribuições científicas, o presente estudo pode ser um serviço para a melhora da realidade da sociedade rural, com a fundamentação econômica de uma técnica adequada à produção na Região do Semiárido. Com base nesse estudo, entidades públicas e privadas poderão direcionar políticas públicas para o fomento e distribuição de renda a partir da hidroponia. Outro importante impacto pode ser a possibilidade de reativação do bombeamento de poços abandonados pela baixa vazão ou condutividade elétrica elevada da água, recuperando esforços e investimentos públicos já realizados, uma vez que tais poços estão sem proporcionar benefício social à região.

O objetivo geral desse trabalho foi:

Avaliar a viabilidade econômica do cultivo hidropônico do coentro com uso de diferentes fontes de água e de energia, comparando o emprego de água tratada advinda do sistema público de abastecimento, água dessalinizada por Osmose Reversa, água da captação pluvial em conjunto com as diferentes águas e uso exclusivo da água salobra, alternando a fonte de energia proveniente da concessionária de energia ou da produção de energia solar *off grid*.

Os objetivos específicos foram:

1. Com base no levantamento da qualidade das águas de poços perfurados identificados pela CPRM no Semiárido Baiano, apresentar a distribuição percentual da qualidade da água dos poços da região Semiárida da Bahia;
2. Analisar a viabilidade econômica da combinação da água pluvial com: água tratada, água salobra e água dessalinizada para a cidade de Vitória da Conquista-BA, localizada no Semiárido Baiano e com comércio de hortaliças folhosas;
3. Verificar se águas salobras com níveis de salinidade que seriam restritivos para o cultivo tradicional em solo, permitem viabilidade econômica quando empregadas na hidroponia;

4. Avaliar o efeito da profundidade de captação da água subterrânea, do número de módulos de produção, do número de ciclos por ano, da fonte de energia (elétrica ou solar) sobre a viabilidade econômica do coentro hidropônico.

2.REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Disponibilidade de água no Semiárido nordestino e captação de água pluviais

O semiárido nordestino devido à sua posição geográfica possui altas taxas de insolação e de evapotranspiração, elevadas temperaturas e baixas amplitudes térmicas, os totais pluviométricos são baixos e apresentam alta variabilidade no tempo e no espaço, o que ocasiona o elevado déficit hídrico. É uma região pobre em volume de escoamento de águas superficiais, com uma densa rede de rios temporários, que corre durante o período chuvoso, secando completamente nos meses subsequentes (Zanella, 2014). É formado predominantemente por rochas cristalinas, perfazendo aproximadamente 80% de seu território, sendo que esse tipo de rocha não configura a formação de bons aquíferos, pois é menos poroso o que dificulta a penetração, o acúmulo de água subterrânea. Esse acúmulo, normalmente, se dá em falhas e fraturas, este tipo de aquífero é denominado de aquífero fissural, de reduzida potencialidade hídrica (Guerra e Negrão, 1996; Zanella, 2014).

A rocha cristalina pode causar outro problema que se configura na condutividade elétrica elevada da água que influi diretamente na qualidade das águas subterrâneas do Semiárido. Chamando a atenção que os poços localizados nessa região por estarem, normalmente, em fraturas isoladas, incorrem em diferenças significativas de condutividade elétrica de uma fratura para a outra vizinha (Zoby, 2002). Com os altos teores de sais, é classificada como salobra ($0,65 < CE_a < 37,5 \text{ dS m}^{-1}$, CONAMA (2005)), o que dificulta o consumo humano e a irrigação. Outro problema recorrente é a baixa vazão dos poços perfurados, com vazões médias abaixo de $1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, fator limitante para uso agrícola (CIRILO, 2008).

Na realidade de disponibilidade reduzida de água, a captação da água de chuva é uma alternativa para aumento da oferta de água. A captação de água da chuva é atividade milenar praticada pelo homem, quando a população já a captava para a agricultura, para seus animais e para fins domésticos. Atualmente, essa prática é muito desenvolvida em países como Alemanha, Japão e Austrália, onde novos, simples e efetivos sistemas são desenvolvidos, possibilitando uma coleta de boa qualidade em termos de custo/benefício. As

vantagens da utilização das águas pluviais são: a economia para o usuário, diminuição de enchentes e da escassez do recurso (Tamiosso et al., 2016).

Silva et al. (2015) salientam que a distribuição de chuvas na região Nordeste é extremamente irregular tanto no tempo quanto no espaço. Na maioria dos anos, a chuva ocorre durante dois a três meses, em outras zonas persistem por até nove ou chove torrencialmente num local e quase nada aos seus arredores. Assim a captação de água da chuva é uma alternativa importante para a minimização da escassez de água nessa região.

Para a captação das águas pluviais é necessário a atenção para alguns fatores, como ressaltam Teixeira et al. (2017): vegetação local, os espaços de zonas urbanas ou rurais, qualidade do ar. Em regiões com ausência de poluentes, o pH da água da chuva é de aproximadamente 5,7, indicando nível de acidez normal devido à formação de ácido carbônico (H_2CO_3), derivado do dióxido de carbono (CO_2), cuja presença é comum na atmosfera. O material da superfície coletora também influi significativamente, além da possibilidade de carrear microrganismos, provenientes de fezes de animais, restos de plantas (folhas e galhos), sendo que esses fatores influem diretamente na qualidade da água captada.

Para uso agrícola a captação de água das chuvas não é uma prática nova, mas vem sendo ignorada pelos planejadores públicos e a iniciativa privada. A captação da chuva pode ser introduzida em larga escala, aumentando, consideravelmente, a disponibilidade de água a um custo relativamente baixo, contribuindo para uma agropecuária sustentável em regiões semiáridas (GNADLINGER, 2006).

Conhecer o potencial de captação de uma localidade é de fundamental importância para a construção do sistema de captação da chuva, pois, segundo Cohim et al. (2008) o reservatório é o item mais caro para a construção do sistema de captação e utilização de água das chuvas, sendo que seus custos podem representar 50% a 85% do valor total do sistema. Na maioria das vezes constroem-se grandes reservatórios para regularizar a disponibilidade de água, acumulando água durante o período chuvoso, para ser utilizada durante a estiagem. Os reservatórios são comumente construídos a partir da fabricação e montagem de placas de concreto compradas prontas (Andrade e Nunes, 2017). A eficiência da captação depende do material a ser utilizado. No caso de uma

casa de vegetação de 7 x 25 m, segundo Santos et al. (2016) essa eficiência de captação filmes de plásticos, foi de 80% da chuva.

Gomes et al. (2014) demonstram que a captação de água da chuva, normalmente, é feita por meio de sistema de calhas acoplado a uma superfície de captação, como telhados e a água armazenada em reservatórios, sendo a técnica denominada de Rooftop Rainwater Harvesting (RTRWH), fácil de ser utilizada em uma casa de vegetação.

Gnadlinger (2006) e Gomes et al. (2014) mostram que existem muitas técnicas para a construção de reservatórios adequados para a captação da chuva, como barreiros, barragens superficiais ou subterrâneas, armazenagem de água nas rochas, construção de cisternas de placas de cimento ou concreto armado, ou mais recentemente, as cisternas de plástico.

As cisternas de concreto, geralmente, possuem custos relativamente mais baixos em relação aos pré-fabricados. A variedade de reservatórios pré-fabricados no mercado é enorme, entre eles podem ser destacados os reservatórios feitos de fibras de vidro e polietileno. As cisternas podem ser feitas de placas de concreto, ferro armado, tijolos, os materiais mais comuns (Cardoso, 2009).

Como exemplo dos custos de fabricação de um reservatório de captação de água das chuvas, uma indústria de refrigerantes, Santos et al. (2016) estimou um custo de R\$ 115.000,00 para a instalação de um sistema de captação de água da chuva com uma capacidade de 250 m³ de água, com o custo de R\$ 460 m⁻¹. Já Silva (2018) para a construção de uma cisterna de 10 m³ estimou um custo de R\$ 2.063,92, com o custo de R\$ 206,40 m⁻³. Souza et al. (2016) encontraram para tanques dimensionados de volumes 71, 142, 215, 285 e 355 m³ custos totais de implantação de R\$ 63.694,71; R\$ 86.997,90; R\$ 110.027,79; R\$ 131.218,97 e R\$ 153.579,26, com os custos de R\$ 897,10; R\$ 612,66; R\$ 511,75; R\$ 460,42; R\$ 432,62 m⁻³, respectivamente.

2.2. Hidroponia

A agricultura é a base do sistema econômico de muitos países e essa atividade econômica é um contribuinte crucial para a redução da pobreza de um país. Porém, há um declínio gradual na força de trabalho agrícola devido: à escassez de capital; calamidades naturais; flutuações no preço de mercado;

mudanças climáticas repentinas; erosão do solo; mudança de gostos dos consumidores e principalmente da necessidade de adoção e aprendizado de novas tecnologias de produção. Assim, há um grande desafio da disseminação de novas técnicas de produção mais eficientes e sustentáveis (Sreedevi e Kumar, 2020).

A hidroponia é uma técnica de agricultura que vem crescendo no cenário produtivo, tendo o potencial de dominar a produção sustentável de alimentos no futuro, sustentando uma grande parcela da população mundial, permitindo que os países produzam o alimento do seu próprio povo, mesmo em lugares onde o solo é menos fértil e a água é limitada (Gaikwad e Maitra, 2020).

A hidroponia vem despertando o interesse de produtores, pois permite um uso mínimo da água disponível e viabiliza, de forma fácil e rápida, a produção de diferentes espécies vegetais, as quais recebem uma solução nutritiva balanceada com todos os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento, além de agregar valor ao produto (Soares et al., 2017). A hidroponia, segundo Majid et al. (2020), é uma importante técnica de produção para enfrentar os desafios atuais de escassez de terras férteis e água, minimizando riscos que são comuns ao cultivo convencional em solo. Além do fato que os sistemas hidropônicos podem melhorar consideravelmente a eficiência do uso da água em plantações quando localizados em ambiente protegido, pois há consideravelmente menos vento, radiação solar reduzida e maior umidade atmosférica (Khattab et al., 2016).

Bezerra e Paes (2013) mostraram que a hidroponia pode ser classificada em quatro tipos: hidroponia didática, hidroponia científica, hidroponia ornamental e hidroponia comercial. A hidroponia comercial, é aquela realizada para se gerar renda, geralmente necessita de uma maior infraestrutura e investimento financeiro.

Algumas das etapas do processo de produção hidropônico podem ser vistas no fluxograma proposto por Andrade et al. (2019) (Figura 1), chamando a atenção de etapas importantes como preparo da solução nutritiva, tratamentos culturais. A determinação dessas etapas ajuda na identificação de alguns dos custos de cada etapa e total do processo produtivo.

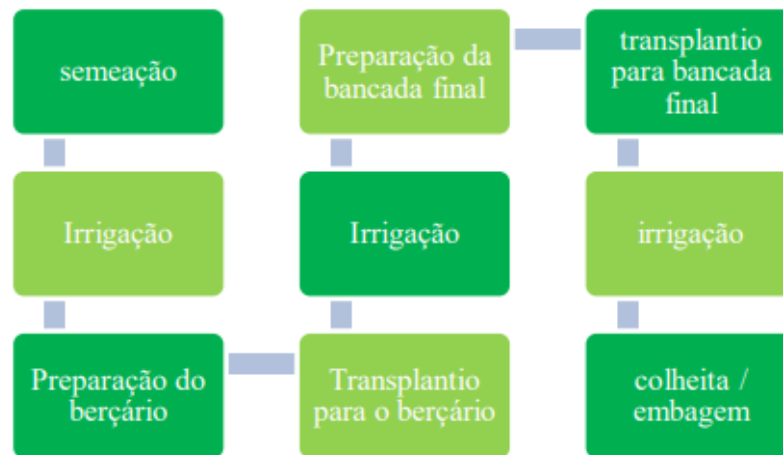


Figura 1: Mapeamento do processo produtivo do coentro, alface, almeirão, rúcula e agrião. Fonte: Andrade et al. (2015).

Lopes et al. (2010) estimavam que eram cultivados em torno de 35 mil hectares de alface hidropônica anualmente no Brasil em 2010. Albuquerque e Mesquita (2017) mostram que o Estado de São Paulo se destaca como maior produtor de produtos hidropônicos no Brasil, já a região Nordeste não possui registros confiáveis da dimensão real dos produtores hidropônicos, porém estima-se que a maioria absoluta é de pequenos e médios produtores, sendo as principais culturas produzidas folhosas: como alface, rúcula, salsa e cebolinha.

As fazendas hidropônicas são uma alternativa viável para produção de alimentos, porém o alto investimento inicial necessário pode ser um fator limitante para sua ampla implementação, sendo que na produção torna-se viável devido ao aumento da produção. A hidroponia permite o máximo rendimento das culturas cultivadas, o que torna o sistema economicamente viável. É um método que usa eficientemente água e nutrientes, reduz a poluição de terras e córregos, cumprindo seu papel de sustentabilidade ambiental (Cifuentes-Torres et al., 2021; Swain et al. 2021)

Para a implementação de um sistema de hidroponia, é necessário a montagem de uma estrutura que proteja a produção. Esta é denominada de casa de vegetação ou ambiente protegido. Sua função é proteger a cultura contra os agentes meteorológicos desfavoráveis, deve ser asséptica, próxima a fontes de água e energia elétrica e com trânsito limitado de pessoas. A sua construção pode ser de vários materiais como metal, madeira, plástico e cimento, porém o material da cobertura deve ser transparente (para passagem da luz solar),

fabricado de polietileno (PE), filme de policloreto de vinila (PVC) ou policarbonato (Furlani, 1998; Gomes, 2015).

Como exemplo, Santos Junior et al. (2016) mostram um modelo que os autores denominam como “módulo hidropônico de baixo custo” que consiste em um suporte de madeira em forma de pirâmide, com dimensões de 6,0 x 1,40 m, projetado com capacidade de suporte para 12 tubos de PVC (6 tubos por cada lado) cada um com 6 m de comprimento e 0,1 m de diâmetro. Nesses tubos perfuraram-se “células” circulares de 0,06 m de diâmetro, espaçadas em 20 cm no eixo central.

Com a montagem da estrutura de proteção o cultivo de plantas hidroponicamente cria ambientes ideais para uma eficiência ainda maior das hortaliças produzidas em comparação ao cultivo convencional. Assim produzir em ambientes fechados e controlados, na situação de ecossistema mundial cada vez mais frágil e imprevisível devido às condições climáticas adversas minimiza os riscos produtivos (Manos e Xydis, 2019).

2.3. Dessalinização da água

A dessalinização da água do mar ou água salobra e a recuperação e reutilização de águas residuais ganham cada vez mais importância para o aumento da oferta de água, principalmente para a produção agrícola. Conseqüentemente, as tecnologias de dessalinização assumem um papel cada vez mais de destaque na solução dos problemas globais de escassez de água (Shaffer et al., 2012). O mundo tem a capacidade de produção de 86,8 milhões de $m^3 \text{ dia}^{-1}$ de água dessalinizada. A instalação desses equipamentos foi rápida, com um incremento da capacidade de produção em 27 vezes desde 1995. Ressaltando que do total da água dessalinizada, apenas 2% eram destinadas à agricultura (Ziolkowska, 2015). Segundo Soares et al. (2013) e Bunr et al. (2015) houve, também, a ampliação da capacidade de dessalinização no Brasil, porém esbarrou no elevado custo econômico para sua maior disseminação e uso.

A produção de alimentos em áreas de escassez hídrica como o Semiárido Nordeste tem como necessidade o aumento da disponibilidade de água e conseqüentemente necessidade do uso de dessalinizadores. Esses equipamentos podem ser uma excelente alternativa para o suprimento de água

potável, requerendo um planejamento adequado para sua implementação (Amorim et al., 2000).

Para o uso de dessalinizadores, os processos com maior destaque são os térmicos e de membranas. Os térmicos consistem no aquecimento da água a ser dessalinizada com o posterior resfriamento da água “pura” em outro recipiente, já o uso de membranas requer a passagem da água tratada por uma membrana semipermeável, com a retenção de sais na mesma (Mocock et al., 2018).

A Osmose Reversa é a técnica de dessalinização que possui o maior destaque no uso mundialmente e no Brasil, com produção de água potável a partir de fontes de água salgada e salobra. Dados mostravam que esses sistemas representavam 60% do número total de instalações de dessalinização em todo o mundo (Wenten e Khoiruddin, 2016; Silva e Quirino, 2020). Amorim et al. (2004) discutiram que para o Brasil as vantagens do uso da Osmose Reversa são: simplicidade e robustez do equipamento; capacidade de tratar volumes baixos a moderados de água bruta; elevada taxa de recuperação; continuidade do processo e excelente qualidade da água tratada. Segundo Mocock et al. (2018), o processo consegue tratar 99,4% do volume de água encaminhado ao dessalinizador, porém esses autores elucidam que a maior desvantagem dessa técnica é gerar o rejeito do dessalinizado com a salinidade maior que a água inicial tratada.

A Osmose Reversa tem a capacidade de retirar quase toda a matéria coloidal dissolvida em uma solução aquosa, produzindo uma salmoura concentrada e um permeado que consiste em água quase pura. É baseada na propriedade de certos polímeros chamada semipermeabilidade, com materiais permeáveis à água, com baixa permeabilidade às substâncias dissolvidas na solução (Fritzmann et al., 2007).

O processo de osmose que ocorreria naturalmente é invertido através da aplicação de uma pressão superior à pressão osmótica, do lado da solução mais concentrada, fazendo com que ocorra um fluxo no sentido de menor concentração, permeando através da membrana. O fluxo cessa quando se estabelece um equilíbrio potencial osmótico entre as duas soluções (Amorim et al., 2000; Fritzmann et al., 2007). Para o uso da Osmose Reversa é necessário, a disponibilidade de uma fonte de energia confiável, para superar o potencial

osmótico da água salobra (Juan, 2000). A fim de superar a pressão osmótica do lado da alimentação, é necessário a aplicação, em alguns casos, de uma alta pressão; como exemplo, na dessalinização da água do mar, geralmente, a pressão varia de 55 a 68 bar (550 a 680 metros de coluna de água (mca)) (Fritzmann et al., 2007).

O processo de osmose reversa vem evoluindo, possibilitando o tratamento de águas com maiores concentrações de sais. A disponibilidade de materiais de construção da estrutura do equipamento, membranas, meios de pressurização e principalmente fonte de energia vem se diversificando, incrementando as possibilidades de montagem da planta de dessalinização, permitindo que mais pessoas, produtores e localidades que necessitam da dessalinização da água tenham acesso a essa técnica (Qasim et al., 2019).

É o preço da água que determina a disponibilidade da água dessalinizada, como exemplo: o intervalo do valor para a dessalinização da água encontrado para os países como: Estados Unidos, China, Austrália, Israel e Arábia Saudita variou de US\$ 0,45–2,51 m⁻³ (Ziolkowska, 2015). Como exemplo, a Tabela 1 mostra os custos pormenorizados para a implementação de uma unidade de dessalinização com osmose reversa.

Tabela 1: Descrição e valores dos custos do tratamento da água salobra por osmose reversa (calculado pelo filtro do GDP, Indonésia).

Dados de entrada		
Parâmetro	Valor	Unidade
Capacidade	80	L s ⁻¹
	288	m ³ h ⁻¹
Eletricidade	0,06	US\$ kWh ⁻¹
Tempo de Operação	300	dias ano ⁻¹
Horas de trabalho	20	h dia ⁻¹
Vida útil da planta	10	anos
Produção da água dessalinizada	1.728.000,00	m ³ ano ⁻¹
Custos totais		
Investimento	2.236.338,58	US\$
Custo de operação e manutenção		
Total custo com eletricidade	159.840,00	US\$ ano ⁻¹
Total custo com manutenção	22.363,39	US\$ ano ⁻¹
Total custo mão de obra	18.000,00	US\$ ano ⁻¹
Total custo reposição da membrana	99.000,00	US\$ ano ⁻¹
Total custo com produtos químicos	1.728,00	US\$ ano ⁻¹
Total Custo de operação e manutenção	300.931,39	US\$ ano ⁻¹
Custo unitário de dessalinização	0,17	US\$ m ⁻³
Total depreciação	0,13	US\$ m ⁻³
Total custo de dessalinização	0,30	US\$ m⁻³

Fonte adaptada: (Wenten e Khoiruddin, 2016)

Para o Brasil, no ano de 2015, Silva (2015) encontrou custos para diferentes tipos de fonte de energia para a dessalinização da água. Os custos de produção variaram entre: R\$ 6,22 m⁻³ a R\$ 7,71 m⁻³ para a configuração do dessalinizador de osmose reversa alimentado com energia da rede elétrica (Rede-OR); entre R\$ 12,47 m⁻³ e R\$ 25,67 m⁻³ para a configuração do dessalinizador de osmose reversa alimentado com a energia elétrica gerada pelos painéis fotovoltaicos (FV-OR) e entre R\$ 16,79 m⁻³ e R\$ 18,51 m⁻³ para a configuração do dessalinizador alimentado com energia elétrica gerada pelo motor gerador movido a biodiesel (Biodiesel-OR).

Mesmo com a importância descrita da Osmose Reversa para o aumento da oferta de água para o semiárido, a viabilidade econômica da produção sob dessalinização não é muito estudada para uso dessa água no cultivo agrícola (Soares et al., 2013).

2.4. Análise de viabilidade econômica

A racionalidade econômica é o cerne da Teoria Econômica, sendo o que norteia qualquer tomada de decisão para a realização de um investimento. A análise de investimento provém as informações necessárias para a realização do investimento: montante dos recursos a aplicar (o custo inicial), a mensuração no tempo dos benefícios futuros esperados, as condições de financiamento do investimento, condições técnicas para se alcançar os objetivos pretendidos com o investimento. É, pois, uma análise que indica a viabilidade ou não do investimento, em caso de decisão positiva, da implementação do investimento (Soares et al., 2015).

A multiplicação do capital, ou seja, geração de riqueza é o que leva os agentes financeiros a realizarem seus investimentos, buscando um ganho lucrativo e sustentável. A criação de valor ou riqueza proveniente do capital investido deverá ser superior ao custo dos capitais neles empregados, fazendo com que os valores líquidos dos resultados sejam positivos, agregando riqueza para o investidor e para o próprio empreendimento (Marquezan e Brondani, 2006). De acordo com Marques (2005), esse tipo de análise pode permitir identificar as possibilidades de retornos financeiros, facultando ao investidor a decisão de implantação ou rejeição do projeto. Assim a análise de investimentos baseia-se na comparação dos gastos (custos) com as receitas provenientes do capital investido (Soares et al., 2015).

Essa análise pode ser classificada segundo Kirchteiger (1999) em: 1. análise determinística: quando são sistemas perfeitamente preditivos, com bases em equações ou leis, onde podem prever o evento em qualquer momento do passado ou futuro e 2. análise probabilística, quando envolve as possibilidades de risco, com as variáveis de contorno, que em cenários estabelecidos estimando a possibilidade de ocorrência do evento analisado.

Toda decisão econômica baseada em análises preditivas envolvem o risco econômico que pode ser definido como: estimativa do grau de incerteza que se tem em relação à obtenção de resultados futuros desejados. A medição do risco pode ser demonstrada como uma distribuição de probabilidade, em que quanto menor a sua dispersão, menor é o risco a ela associada. As fontes de incerteza mais comuns são: 1. exatidão das estimativas utilizadas; 2. tipo de

investimento a ser realizado e as condições futuras da economia; 3. tipo dos equipamentos utilizados e seu tempo útil de vida e 4. tempo de horizonte de planejamento (Frizzone e Andrade Júnior., 2005).

Frizzone e Andrade Júnior (2005) mostram que as distribuições de probabilidade das variáveis aleatórias mais comuns são a distribuição normal e a distribuição triangular, sendo que a distribuição triangular é a mais utilizada em estudos econômicos, pois o pesquisador nem sempre dispõem de um bom volume de dados para a análise, no caso utilizando valores de mínimo, máximo e da moda dos dados analisados.

Para a potencialização da análise de probabilidade, o método de simulação Monte Carlo (MC) - como um método numérico - permite otimização e ampliação de variáveis para a solução de problemas matemáticos e técnicos por meio de modelos probabilísticos do sistema e simulação de variáveis aleatórias entre 0 e 1. A simulação pelo método Monte Carlo cria aleatoriamente variáveis para períodos de interesse, pressupondo que, estatisticamente, os eventos futuros têm grande possibilidade de se assemelhar aos eventos passados (Lee e Maeng, 2005; Kroese et al., 2012; Soares et al., 2013). Ressaltando que o método de Monte Carlo pode funcionar bem para ambas distribuições, normal e triangular (Carvalho et al., 2016).

A técnica de Monte Carlo é composta por fatores deterministas e componentes aleatórios. Um componente determinista é um parâmetro dentro de cada distribuição, que pode ser obtida a partir de dados observados. Por outro lado, um componente aleatório é um número aleatório amostrado de acordo com a distribuição (Lee e Maeng, 2005).

A análise de investimento potencializada pela técnica de Monte Carlo tem como uso mais comum indicadores como: Payback, taxa interna de retorno (TIR) e o valor presente líquido (VPL) (Jovanovic,1999).

O método da avaliação financeira do Payback é usado para avaliar projetos de capital, calcula o retorno por ano desde o início do projeto até que os retornos acumulados sejam iguais ao custo do investimento, quando o investimento é reembolsado. O tempo gasto para atingir este retorno é denominado período de retorno (PR). Para a medição do tempo necessário para recuperação do capital investido, descontado do fluxo de caixa, é necessário o uso da Taxa Interna de Retorno (TIR) que representa a taxa de juros que iguala,

em um único momento, os fluxos de entrada com os de saída de caixa. Em outras palavras, é a taxa que produz um VPL igual a zero (Lefley, 1996).

Lefley (1996) chama a atenção que embora já existisse uma quantidade considerável de literatura sobre a determinação da taxa de desconto utilizada nos métodos de taxa de retorno interna (TIR), há pouca evidência para mostrar como a taxa de atratividade, usada no Payback é alcançada. Em muitos casos, a determinação do período de retorno exigido é baseada em avaliações subjetivas, levando em consideração a experiência passada e o nível percebido do risco do projeto. A determinação dessa taxa é importante, pois períodos mais curtos, representam menos risco e maior liquidez. Dessa forma é determinante na escolha de realizar ou não o investimento.

O valor presente líquido (VPL) é um indicador utilizado em análises de investimentos que possibilita a avaliação da viabilidade de um projeto, caso o VPL seja um valor acima de 0 (zero), pode se considerar que o investimento foi vantajoso. Esse indicador permite a comparação entre projetos distintos, ordenados segundo o valor apurado. A análise é feita pela criação de modelos, envolvendo diversas variáveis e o risco presente no investimento (Hacura et al., 2001); Marquezan e Brondani, 2006).

2.4.1. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA HIDROPONIA

A agricultura deve ser economicamente e ecologicamente viáveis, com produtos de alta qualidade, visando o bem-estar dos agricultores e desenvolvimento sustentável das comunidades. Os benefícios sociais, econômicos e ambientais devem ser considerados em conjunto, nesse sentido a hidroponia surge como técnica de produção que pode englobar todas essas características necessárias para a agricultura moderna (Souza et al., 2019).

A hidroponia possibilita obter uma produção agrícola superior a convencional, imune às variações naturais do clima em apenas cerca de 5% do espaço utilizado pela agricultura convencional, possibilitando a economia de área e recursos, se configurando como vantagem estratégica que pode ser usada em locais onde a agricultura tem sua viabilidade dificultada (Uddin e Dhar, 2018).

Do ponto de vista ambiental, variável cada vez mais importante para a implementação dos empreendimentos agrícolas atuais. Os autores Martin et al. (2019) mostram que a hidroponia permite a redução anual da emissão dos gases de efeito estufa em seu ciclo de produção em 60% comparado ao sistema convencional de cultivo em solo.

A técnica hidropônica de produção é notadamente vantajosa do ponto de vista produtivo e ambiental, porém tem em seus custos de investimento iniciais uma variável que pode ser impeditiva para sua utilização. Souza et al. (2019) evidenciaram que o investimento inicial deve ter atenção especial para o planejamento da hidroponia. Os autores Mattas et al. (1997) mostraram que o elevado investimento inicial impediu a viabilidade da hidroponia na Grécia em alguns casos estudados.

O valor do investimento inicial, estimado em um projeto apresentado pelo SEBRAE (2019) para a construção de um pequeno projeto hidropônico no sistema NFT, com uma casa de vegetação de 7 x 21 m, tem o valor de R\$ 80.000,00 para a montagem, incluídos custos de terraplanagem, materiais, tributos, capital de giro, no ano de 2020, com custo de R\$ 544,22 m⁻². Já a empresa Hidrogood (2020) para a implementação de uma estrutura de 7 x 30m, estima um gasto de R\$ 28.743,91, com somente a casa de vegetação e bancada produtivas, com o custo de R\$ 136,88 m⁻². Gozzi e Paixão (2017) estimam um custo de R\$ 16.385,43 para a construção de uma estufa de 7 x 18 m para a cidade de São Paulo no ano de 2017, com o custo de R\$ 130,04 m⁻². Abdelmawgoud et al. (2021) ao analisarem os custos iniciais de implementação da casa de vegetação, evidenciaram que os maiores gastos estimados foram nas calhas de cultivo e na estrutura de metal da casa.

Em conjunto com o elevado valor do gasto inicial, o desconhecimento do produto hidropônico por parte dos consumidores, principalmente entre o público masculino mais velho pode se configurar como mais um impedimento inicial da hidroponia (Balqiah et al., 2020). Outro fator relevante é que a hidroponia requer um conhecimento técnico elevado em relação ao cultivo convencional, sendo fundamental para o seu sucesso econômico (Huy et al., 2020)

Como qualquer outro empreendimento, a hidroponia tem seus pontos fortes e fracos e tem na análise econômica o instrumento de fornecimento das informações essenciais para o planejamento e sucesso do empreendimento

hidropônico. Os indicadores econômicos usados são os mesmos da análise econômica tradicional, como o Valor Presente Líquido (VPL), Payback e Taxa Interna de Retorno (TIR) (Red Agrícola, 2007; Uddin e Dhar, 2018; Souza et al., 2019; Lazo e Gonzabay, 2020).

O potencial de viabilidade econômica do cultivo hidropônico é promissor como mostram os autores Majid et al. (2021), como exemplo, a alface hidropônica em diferentes sistemas de cultivo Nutrient Film Technique (NFT) e Deep Film Technique (DFT)), gerou mais valor e riqueza que a alface cultivada de forma tradicional no solo. Vale ressaltar que os autores chamaram a atenção que a produção hidropônica pode resultar em diferentes resultados com diferentes culturas e condições ambientais.

O melhor retorno econômico é garantido com plantas de pequeno e médio porte, sendo que hortaliças folhosas podem gerar mais lucro por hectare do que grãos. Ressaltando que a viabilidade econômica destes empreendimentos e sua lucratividade é associada à utilização de culturas que disponham de valor e liquidez no mercado (Soares et al., 2017; Souza et al., 2019).

A cultura do coentro (*Coriandrum sativum*) possui preços atrativos de venda, fácil comercialização no mercado e tolera altas temperaturas, característica do clima Semiárido da região Nordeste (Silva et al., 2018). É uma das hortaliças mais consumidas no Nordeste brasileiro e pode ser produzida tanto de maneira convencional quanto por meio da hidroponia (Soares et al., 2017). É uma das principais culturas que proporciona fonte de renda, segurança nutricional e alimentar para diversas famílias de agricultores do Semiárido brasileiro (Cavalcante et al., 2016).

Cultura com baixa demanda hídrica para seu ciclo de produção, Silva (2014) encontrou um consumo hídrico máximo de 1,69 L maço⁻¹ para período de produção de 24 dias, Silva et al. (2018) obtiveram um consumo médio menor de 0,91 L maço⁻¹. Pensando na produção por maço, os mesmos autores encontraram uma produção média de 44,76 g maço⁻¹.

Em relação a tolerância à salinidade, Silva Sá et al. (2016) estudando duas variedades de coentro, durante 20 dias após a semeadura, cultivado em solo, observaram que na condutividade da água (CE_a) de 3,0 dS m⁻¹ o coentro já apresentava valores perto do 50% do potencial produtivo. Para o mesmo valor

de condutividade elétrica da água (CE_a), o coentro cultivado em hidroponia por Silva et al. (2018) teve produtividade relativa estimada de 80,42%, revelando o seu potencial de cultivo hidropônico com águas de menor qualidade. Visto seu potencial de produção e sua aceitação no mercado da região Nordeste é importante analisar os efeitos da salinidade na viabilidade econômica de sua produção (Singh et al., 2015).

O coentro como qualquer cultura agropecuária apresenta riscos de produção, principalmente o risco de oscilação do preço. No estudo realizado na cidade de Juazeiro-BA, com diferentes hortaliças, o coentro foi a hortaliça que possui maior risco em sua comercialização, basicamente, pelo excesso ou escassez de oferta e demanda, porém foi a cultura que proporcionou melhor retorno ao produtor como visto na Figura 2 (Lago e Oliveira, 2016).

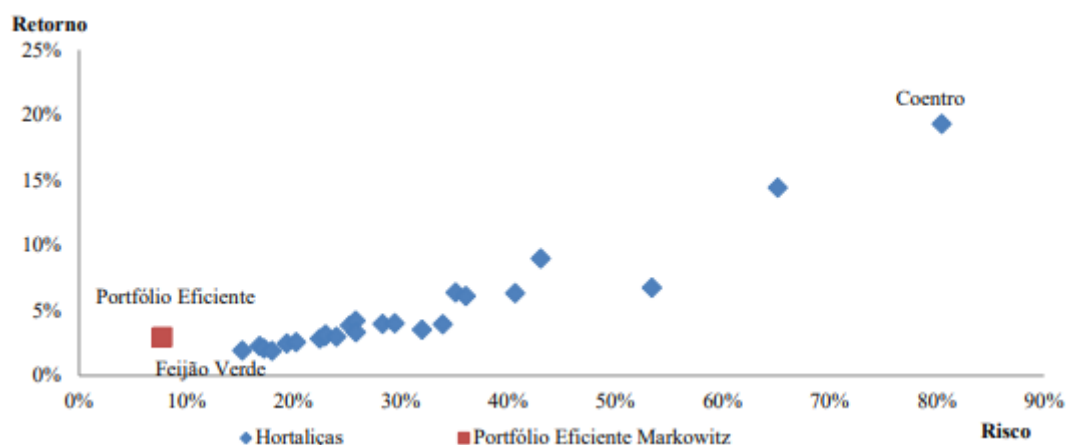


Figura 2: Relação retorno/risco para hortaliças estudadas no mercado Juazeiro-BA. Fonte: Lago e Oliveira (2016).

2.4.2. VIABILIDADE ECONÔMICA DO USO DA OSMOSE REVERSA

Atualmente, a produção global de Osmose Reversa é de aproximadamente 65 milhões de $m^3 \text{ dia}^{-1}$, representando 69% do total de água dessalinizada produzida globalmente. A Osmose Reversa é um processo menos dispendioso no gasto de energia em comparação com os processos térmicos e requer menos produtos químicos para tratamento e manutenção do equipamento o que implica em menores custos de dessalinização, podendo ser montada com diferentes fontes de energia para pressurização do sistema. Ressaltando que a salinidade da água a ser tratada afeta diretamente no custo de produção da água e investimento inicial (Garg e Joshi, 2014; Aljuwaisseri et al., 2022).

A comparação dos diferentes projetos de dessalinização em termos de custos é dificultada devido às variações nas escalas do projeto, localizações geográficas e tempo de construção. O custo da dessalinização pode ser afetado pela: qualidade da água de alimentação; condições políticas e econômicas locais do país; custo de energia; custo da mão de obra e da terra, sendo que esses fatores variam de um país para outro (Aljuwaisseri et al., 2022).

Missimer et al. (2013) chamam a atenção que a avaliação de viabilidade deve incluir os impactos ambientais que também podem ser atribuídos a um custo real. Ressaltando que um projeto bem realizado pode resultar na redução dos custos de implementação e licenciamento com a eliminação das medidas de mitigação necessárias para compensar os impactos ambientais resultantes da dessalinização. Ainda dentro dos impactos ambientais, Jiménez-Arias et al. (2022) mostram que mesmo o rejeito da dessalinização pode ser rentável principalmente para o cultivo hidropônico em que a depender da composição desse rejeito pode proporcionar economia no preparo da solução nutritiva e uma renda extra de 4.000,00 € no estudo realizado pelos autores na produção hidropônica.

Os benefícios econômicos são importantes também na agricultura convencional. Rahimi et al. (2021) mostraram que a dessalinização da água foi benéfica para a cultura no pistache produzida no Iran, onde a água dessalinizada aumentou em 3 vezes a produção e o valor presente líquido em 2 vezes. A dessalinização aumentou a segurança do investimento dos produtores de pistache, conseqüentemente, pode reduzir visivelmente o risco de perda de receita e incertezas para eles.

É importante salientar que cada situação deve ser estudada especificamente, como mostram Jones et al. (2016) que analisaram diversas situações de uso da água salobra, com diferentes profundidades de bombeamento, culturas, condutividade elétrica da água a ser utilizada, entre outras características, obtendo resultados econômicos que variaram significativamente, como exemplo houve viabilidade para a produção em estufas de tomates a não houve para a produção de citrus.

Os custos de produção da água, em relação a condutividade elétrica da água, de um metro cúbico de água, da condutividade elétrica de 15,0 dS m⁻¹ para 0,4 dS m⁻¹ foi de 0,11 libras esterlinas m⁻³ e de 0,09 libras esterlinas m⁻³ para a

dessalinização de 15,0 dS m⁻¹ para 1,6 dS m⁻¹ no Iraque (Atab et al., 2016). O fluxo de alimentação é um fator importante para a viabilidade do uso da Osmose Reversa, os autores Zarebska-Mølgaard et al. (2022) mostraram a diferença do custo da água produzida de acordo com o fluxo de alimentação de água usada no sistema, para um fluxo de 10 L m² h⁻¹ o custo de produção da água foi de 1,29 US\$ m⁻³, já para o fluxo de 2 L m² h⁻¹ o custo foi de 2,96 US\$ m⁻³.

Mohamed et al. (2006) mostraram que aparelhos de Osmose Reversa em série podem reduzir os custos de produção da água dessalinizada. Esses autores mostraram que a adição de uma segunda membrana em série diminuiu o custo de investimento anual equivalente em 10% juntamente com uma redução de 67% no custo específico de produção de água como resultado do aumento da recuperação de permeado e da redução do consumo de energia. Sendo que se este sistema fosse ampliado com uma terceira membrana em série, a economia de energia esperada atingiria 84% e o custo de produção de água diminuiria.

A dessalinização para a agricultura, segundo Shaffer et al. (2012), pode ser ainda mais onerosa devido ao fato do maior cuidado com os teores de cloretos e brometos que podem ser tóxicos para as culturas irrigadas. Dessa forma esses autores chamam a atenção da maior necessidade de gastos com energia na dessalinização da água para fins agronômicos, principalmente se a água for captada dos oceanos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Determinação das condições de produção necessárias para a realização da análise econômica

A produção hidropônica é uma técnica que requer um correto planejamento, pois pequenos erros incorrem em grandes perdas na produção. O planejamento começou com a escolha da cultura que foi cultivada, da melhor estrutura, equipamentos e insumos. Com essas informações, pesquisou-se os valores de custos e receitas necessários para a construção do módulo e análise econômica de viabilidade.

3.1.1. CICLO DE PRODUÇÃO E PRODUÇÃO ESPERADA

A produção do coentro em sistema hidropônico foi dividida em 2 fases: 1. **Germinação**: feita em copos plásticos de 50 mL preenchidos com fibra de coco, com 12 sementes por copo, de acordo a escala de produção desejada: irrigação com água doce, no período de 13 dias. 2. **Terminação**: após os 13 dias o coentro é transferido para a bancada hidropônica (NFT) para que a cultura se desenvolva e seja colhida aos 25 dias após a semeadura, de acordo com Silva et al. (2018). Adotando a metodologia proposta tem-se a possibilidade da execução de 14 ciclos de produção no ano.

O espaçamento escolhido para a produção do coentro foi de 0,15 m entre plantas e de 0,20 m entre linhas. Utilizando esse espaçamento em uma bancada de 1,75 m e 9,3 m de comprimento, cultivam-se 4.882 maços de coentro por módulo produtivo, com 9 bancadas de produção.

3.1.2. TAMANHO DO MÓDULO DE PRODUÇÃO

O presente estudo buscou construir uma análise *ex ante*, com a realização de uma pesquisa bibliográfica, levantamento de preço junto aos fornecedores dos itens que compõem o investimento inicial e dos insumos.

A primeira escolha para a avaliação da viabilidade econômica foi estabelecer o tamanho do módulo de produção hidropônica que permitisse a condução adequada da cultura escolhida, em termos de sanidade, ergonomia de trabalho, tratos culturais e colheita. Nesses termos foi determinado que uma casa

de vegetação de 7 x 30 m com pé direito de 2 m, era o tamanho adequado do módulo para a realização da análise econômica no trabalho.

3.1.3. PREÇO DA ESTRUTURA DE GERMINAÇÃO E DO MÓDULO DE PRODUÇÃO

A montagem do módulo de produção no qual se configura o ambiente protegido pode ser realizada com diversos tipos de materiais que podem baratear ou encarecer os custos iniciais da implementação. Nesse sentido, foram escolhidos materiais mais acessíveis ao produtor compatíveis com a realidade do pequeno produtor tradicional.

A estrutura de germinação, de acordo com as boas práticas fitossanitárias, deve ser separada da estrutura de produção, para o plantio adequado das mudas. Escolheu-se uma área de 4,0 m², protegida por tela lateral e coberta por telha de fibrocimento. Os materiais e seus respectivos preços foram orçados e listados de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Orçamento para a construção do berçário para a produção de mudas de coentro em abril/2021.

Material	Und	Preço Unitário	Preço total
Pilares de eucalipto 3,0 m	4	R\$ 24,95	R\$ 99,80
Telha fibrocimento 1,22 m x 1,1m x 5 mm	4	R\$ 25,00	R\$100,00
Tela lateral Polysombra preta 35% de 3m x 50m	1	R\$ 785,69	R\$ 785,69
Mesa para sustentação das placas de germinação	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Mão de obra	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
Total			R\$ 1.160,49

A estrutura de produção foi planejada para ser construída com pilares de eucalipto, filme plástico transparente de 120 micra para cobertura, tela lateral de proteção contra insetos e radiação solar. Os materiais necessários para construção foram listados e precificados de acordo com a Tabela SINAPI (2022) na Tabela 3. O valor da mão de obra será detalhado nos resultados a serem apresentados.

Tabela 3: Orçamento para a construção do módulo planejado para o mês de abril/2021.

Material	Und	Preço Unt	Preço
Madeira roliça tratada, d = 16 a 20 cm, h = 6,00 m, em eucalipto	22	R\$ 35,52	R\$ 781,44
Tubo aço galvanizado com costura, classe média, dn 1/2", e = *2,65* mm	7	R\$ 15,85	R\$ 110,95
Filme Ginegar Difusor 120 micra, antiestático (reduz poeira) de 8,6 m x 32 m	1	R\$ 1.089,80	R\$ 1.089,80
Tela lateral Chromatinet vermelha Leno 20% 4 x 100 m	1	R\$ 2.156,00	R\$ 2.156,00
Tirante arame 10	6	R\$ 2,49	R\$ 14,94
Arame para tirante rígido rolo 70 m	1	R\$ 153,34	R\$ 153,34
Caibro 5 x 5 cm em pinus,	3	R\$ 13,92	R\$ 41,76
Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal, 11,5 x 19 x 19 cm	2210	R\$ 0,78	R\$ 1.723,80
Cimento portland composto cp ii-32 (saco de 50 kg)	5	R\$ 32,90	R\$ 164,05
Parafuso m16 em aço galvanizado, comprimento = 500 mm, rosca máquina e porca	22	R\$ 19,29	R\$ 424,38
Calha PVC 28 cm, comprimento de 2m	32	R\$ 71,50	R\$ 2.288,00
Coletor terminal de calha	2	R\$ 34,56	R\$ 69,12
Fechamento de calha	2	R\$ 10,50	R\$ 21,00
Fio 2,5 mm (100 m) para instalação elétrica	1	R\$ 160,00	R\$ 160,00
Lâmpada LED 9 W	15	R\$ 9,00	R\$ 135,00
Tomada 20 amperes	3	R\$ 12,90	R\$ 25,80
Disjuntor 40 amperes	2	R\$ 14,00	R\$ 28,00
Soquete para lâmpada	15	R\$ 1,50	R\$ 22,50
Total			R\$ 9.409,88

Visando mensurar o valor da mão-de-obra, compuseram-se os tempos necessários para a construção da estrutura de acordo com profissionais com experiência em produção hidropônica e com auxílio dos índices da construção civil, propostos pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). De acordo com os valores pagos pela construção civil, estimou-se o valor da mão-de-obra necessária para construção do módulo planejado. Vale ressaltar que algumas das etapas da montagem não constam na tabela da CBIC, tendo o valor das horas estabelecidas de acordo com profissionais que trabalham na área, na consulta com empresas e profissionais da área. Esses índices foram pensados

para a implementação da estrutura de produção em um terreno sem que previamente tenha sido manejado.

3.1.4. BANCADAS HIDROPÔNICAS

As bancadas hidropônicas foram projetadas para maximização do uso da casa de vegetação, facilitando a circulação, manutenção do espaço e colheita das culturas (ergonomia). Na Figura 3 é mostrado o layout da disposição das bancadas na estrutura e suas respectivas dimensões de acordo com as recomendações da empresa Hidrogood.

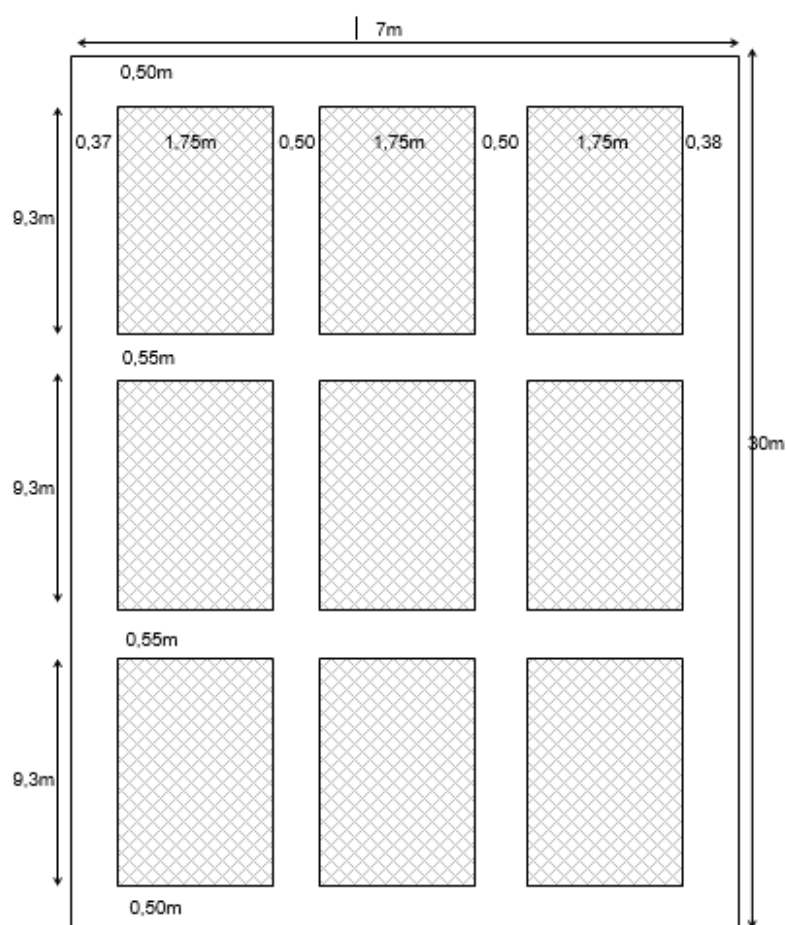


Figura 3: Disposição das bancadas hidropônicas no módulo de 7 x 30 m para a produção de coentro.

No caso do coentro, as bancadas possuíam 9 canais de cultivo. Foram escolhidos tubos de PVC com diâmetro de 0,075 m da linha azul de irrigação, adequados a condução da cultura e sem possibilidade de extravasamento da solução por obstrução das raízes da seção do tubo de escoamento. Para a construção dos cavaletes, utilizou-se tubo de 0,050 m com a altura de 1,20 m

em relação ao solo. O retorno da solução nutritiva para o reservatório também foi planejado com tubos de 0,075 m enterrados, o aterramento é para evitar danos com a circulação na estrutura. Para a estrutura de cultivo do coentro, o orçamento foi listado na Tabela 4.

A estrutura de condução da solução nutritiva para as bancadas foi pensada com a utilização de tubos de PVC da linha marrom de 0,032 m que são conectados aos canais de cultivos onde ocorre o escoamento da solução nutritiva.

Tabela 4: Orçamento necessário para a construção das bancadas hidropônicas planejadas para a produção de coentro realizado em abril/2021.

Material	Und	Preço Und	Total
Tubo de PVC Azul Irrigação 75mm	98	R\$ 45,00	R\$ 4.410,00
Joelhos de 75 mm I	85	R\$ 4,92	R\$ 78,20
Tubo PVC série normal, dn 50 mm, para esgoto predial	10	R\$ 6,62	R\$ 60,62
Joelho PVC, soldável, pb, 90 graus, dn 50 mm	36	R\$ 1,85	R\$ 66,60
Registro de esfera 20 mm	9	R\$ 6,25	R\$ 56,25
Joelho de 20 mm	9	R\$ 2,00	R\$ 18,00
Cap de 20 mm	9	R\$ 1,26	
Barras de 20 mm do cano marrom	6	R\$ 7,65	R\$ 45,90
Barras de 32 mm do cano marrom	12	R\$ 20,00	R\$ 240,00
T de 32 mm redução de 20 mm	9	R\$ 12,72	R\$ 114,48
Cap de 75 mm	45	R\$ 6,90	R\$ 310,50
T de 75 mm	40	R\$ 7,50	R\$ 300,00
Flange de 32 mm	1	R\$ 30,00	R\$ 30,00
União soldável 32 mm	2	R\$ 8,50	R\$ 17,00
Custo Total			R\$ 5.785,89

Para o cálculo da mão-de-obra da montagem das bancadas hidropônica utilizou-se a mesma metodologia de cálculo usada para a montagem da estrutura da casa de vegetação.

Frete entrega dos materiais para montagem da estrutura hidropônica

Para o cálculo do custo de transporte considerou-se 50 km de distância média entre o produtor e o centro de distribuição (Costa e Junqueira, 2000).

Considerando o frete simples, em que o veículo que transporta a carga vai até o local produtor, do valor por quilometro rodado de acordo com a resolução 5923/2021 da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) que tem o valor de R\$ 1,99 por km rodado para todo o ano de 2021.

3.1.5. CUSTOS DO RESERVATÓRIO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA E DIMENSIONAMENTO DA BOMBA

O reservatório necessário foi dimensionado para disponibilizar 0,5 L de solução nutritiva por maço de coentro, no qual o volume necessário do reservatório, calculado foi de 2525 L. Verificada a disponibilidade comercial, foi selecionado o reservatório com o tamanho de 3.000 L.

A bomba foi dimensionada para fornecer a vazão média 1,5 L min⁻¹ em cada canal produtivo ou 7,3 m³ h⁻¹ para todas as bancadas do módulo de produção. Esta vazão foi testada e aprovada por Soares et al. (2017) para a cultura do coentro. O acionamento e desligamento da bomba foram planejados para ser feitos com timer analógico, sem prejuízo ao funcionamento da bomba.

Partindo da vazão escolhida calculou-se a pressão necessária no início de cada bancada para que a vazão fosse corretamente disponibilizada. Para o cálculo dessa pressão inicial utilizou-se a equação da vazão real através de um orifício (Equação 1). O diâmetro do orifício escolhido para alimentação dos canais foi de 0,004 m. O coeficiente de descarga adotado foi de 0,9.

$$Q = cd \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot P_{\text{inicial}}} \quad \text{Eq: 1}$$

Q – vazão do orifício (m³ s⁻¹);

cd – coeficiente de descarga;

d – diâmetro do orifício (m);

g – aceleração da gravidade (m s⁻²);

P_{inicial} – pressão inicial na bancada (m.c.a).

O valor encontrado para a pressão inicial foi de 0,2490 m.c.a em cada bancada hidropônica. Prosseguindo o dimensionamento e escolha da bomba, calculou-se a perda de carga para linha de recalque e para a linha de derivação nesse caso considerando a particularidade de cada situação analisada. Ainda no

preparo da solução nutritiva, a oxigenação da solução nutritiva foi planejada com o uso do tubo venturi. Com o valor da perda de carga e dos valores de desnível do recalque e da derivação, calculou-se a altura manométrica do sistema hidropônico de alimentação das bancadas de acordo com a Equação 2. As perdas de carga localizadas foram adicionadas ao recalque e a derivação

$$H_{man} = \Delta Z_{\text{recalque}} + h_{f_{\text{recalque}}} + \Delta Z_{\text{derivação}} + h_{f_{\text{derivação}}} + P_{\text{inicial}_{\text{bancadas}}} \quad \text{Eq: 2}$$

H_{man} – altura manométrica (m.c.a);

$\Delta Z_{\text{recalque}}$ – desnível recalque (m);

$h_{f_{\text{recalque}}}$ – perda de carga da linha do recalque (m.c.a);

$\Delta Z_{\text{derivação}}$ – desnível derivação (m);

$h_{f_{\text{derivação}}}$ – perda de carga da linha de derivação (m.c.a);

P_{inicial} – pressão inicial na bancada (m.c.a).

Com o cálculo de cada item da equação anterior chegou-se ao valor de altura manométrica do sistema de bombeamento da solução nutritiva de 9,90 m.c.a, na qual foi adicionada um valor adicional de 20% para correto funcionamento do venturi, com o valor final de 11,88 m.c.a. Dessa forma escolheu-se a bomba do tipo THA-12 de ½ CV que fornece a vazão necessária do sistema para a altura manométrica calculada.

Dimensionada a bomba e escolhido os materiais, foi realizado para o mês de abril/2021 o orçamento do equipamento apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Orçamento para armazenamento e bombeamento da solução nutritiva na produção do coentro hidropônico em abril/2021.

Materiais	Und	Valor
THA-12 Motobomba centrífuga monobloco e mancalizada - 3500rpm - bocais rosqueados - sucção 1" x recalque 1". Utilizada para água limpa. Vazão máxima até 9,6 m ³ h ⁻¹ .	1	R\$ 962,00
Timer analógico	1	R\$ 220,00
Tubo Venturi 1 Polegada Aerador De Água Para Hidroponia		R\$ 97,11
Reservatório de 3.000 L	1	R\$ 1.490,00
Total		R\$ 2.769,11

3.1.6. FUNCIONAMENTO DO MÓDULO HIDROPÔNICO

O módulo hidropônico requer equipamentos para a limpeza das bancadas e pesagem dos produtos, para limpeza foi escolhida uma máquina lavadora de alta pressão e para a pesagem foi selecionada balança de precisão de 10 kg.

Para a iluminação do módulo foram projetados 15 pontos de luz com lâmpadas LED de 9 W para menor consumo de energia, visando garantir a visibilidade necessária para o trabalho noturno. Os materiais e seus respectivos preços foram listados na Tabela 6.

Para a manutenção da solução nutritiva foi adquirido dois equipamentos essenciais: condutivímetro usado para medir a condutividade elétrica da solução nutritiva, monitorando o esgotamento dos nutrientes da solução e o peagâmetro usado na medição do pH da solução, mantido dentro da faixa indicada para a cultura produzida.

Tabela 6: Orçamento da máquina de pressão para a limpeza, balança, condutivímetro e peagâmetro para o mês de abril/2021.

Materiais	Und	Preço Und	Valor
Máquina de lava jato a pressão	1	R\$ 399,00	R\$ 399,00
Balança de precisão 10 Kg	1	R\$ 35,00	R\$ 35,00
Condutivímetro digital HM COM 80	1	R\$ 89,00	R\$ 89,00
Peagâmetro	1	R\$ 67,85	R\$ 67,85
Total			R\$ 590,85

3.1.7. DIMENSIONAMENTO DO GERADOR

O gerador foi dimensionado para atender a potência da bomba de circulação da solução nutritiva e do bombeamento do poço e outros equipamentos que necessitam de energia elétrica no módulo como: lava jato, lâmpadas para iluminação no módulo de produção, balança de precisão e dessalinizador, de acordo com a Tabela 7. Foi obtido o total da potência necessária para o funcionamento do módulo de 3.642,27 W que foi acrescido com uma folga de 50%, chegando ao valor de 5.463,4 W o equivalente a 5,8 kVA, comercialmente disponível.

Tabela 7: Cálculo da potência necessária para aquisição do gerador do módulo de produção.

Equipamento	Potência (W)
Bomba THA - 12	375,0
Lâmpada LED	135,0
Lava jato	2.200,0
Balança de precisão	6,7
Dessalinizador Vega	373,0
Bomba poço bomba 3BPS2-14	559,27
Total	3.642,27

O valor do gerador escolhido a diesel de 5,8 Kva é de R\$ 5.779,22, para o bombeamento para a profundidade de 60 m, sendo os geradores utilizados detalhados nos resultados. A Tabela 7 mostrou o resultado para o uso do dessalinizador, sendo que cada simulação respeitou sua particularidade.

3.2. Custos para produção

Os custos foram determinados englobando todas as etapas do processo produtivo, desde a germinação, produção, comercialização e entrega do produto ao consumidor final.

3.2.1 Custos Fixos

Os custos fixos para a análise realizada tiveram como principais componentes: manutenção, mão-de-obra, imposto de renda e custo alternativo do investimento, de acordo com a equação abaixo.

$$CF = C_{man} + C_{mo} + IR + C_{inv} + C_{out} \quad \text{Eq: 3}$$

CF – custo fixo de produção (R\$ mês⁻¹);

C_{mo} – custo mensal da mão-de-obra (R\$);

C_{man} – custo com manutenção (R\$);

IR – Imposto de renda (R\$);

C_{inv} – custo alternativo do investimento (R\$);

C_{out} – custo outorga da água.

3.2.1.1. Custo de mão de obra

O custo de mão de obra foi composto pela contratação de um trabalhador para realizar a limpeza, manutenção e manejo diário da cultura. A remuneração

desse trabalhador foi considerada com o salário-mínimo no valor de R\$ 1.100,00 referente a 2021 com o pagamento de todos os encargos sociais previstos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT): fundo de garantia por tempo de serviço (FGTS), contribuição ao INSS, e décimo terceiro salário (Equação 4).

$$Cmo = S + FGTS + INSS + 13^{\circ} \quad \text{Eq: 4}$$

Cmo – Custo de mão de obra (R\$ mês⁻¹);

S – Salário-mínimo (R\$);

FGTS – Fundo de garantia por tempo de serviço (R\$);

INSS – Contribuição para aposentadoria (R\$);

13^o– Décimo terceiro salário (R\$).

Para o caso da agricultura familiar o custo da mão-de-obra pode ser considerado como o custo do pró-labore para o produtor que utilizar o módulo, sendo a remuneração do seu esforço de trabalho na condução das atividades produtivas.

3.2.1.2. Custo de manutenção

O custo de manutenção foi considerado como o valor da depreciação dos equipamentos e estruturas utilizadas (Equação 5). O valor residual da estrutura de produção foi considerado como nulo, considerando que após o tempo de validade de utilização do equipamento, este deverá ser completamente substituído para o caso do módulo construído com pilares de eucalipto.

$$Dep = \left[\sum \frac{Vni - Vri}{Vui} \right] \quad \text{Eq: 5}$$

Dep – depreciação mensal (R\$);

Vni – valor inicial do i-ésimo item equipamento/benfeitoria a ser depreciado (R\$);

Vri – valor residual do i-ésimo item a ser depreciado (R\$);

Vui – vida útil do i-ésimo item a ser depreciado (R\$).

3.2.1.3. Custo alternativo do investimento

O custo alternativo do investimento foi considerado como o valor que o investimento teria como rendimento na caderneta de poupança, tipo de investimento mais seguro e com liquidez imediata no mercado.

3.2.1.4. Custo do imposto de renda

Para a determinação do custo com o imposto de renda foi considerado o lucro obtido pelo empreendimento. De posse do valor estimado consultou-se a tabela do Imposto de Renda de acordo da Receita Federal do Brasil, na qual escolheu-se o percentual de imposto devido à União. Com esse percentual calculou-se o valor que deveria ser recolhido ao governo Federal. Vale ressaltar que se o empreendimento obteve o lucro na faixa de isenção, considerou-se o imposto de renda nulo (Equação 6).

$$VIR = L \times IR \quad \text{Eq: 6}$$

VIR – valor do imposto de renda mensal cobrado pelo poder público (R\$);

L – lucro (R\$);

IR – alíquota do imposto de renda (%).

3.2.1.5. Custo de Outorga

No caso de captação de água subterrânea foi estimado o custo da outorga para captação de água subterrânea com prazo de 10 anos, que de acordo com o decreto Nº 18281 de 23 de março de 2018, correspondente a R\$ 500,00 em virtude de a demanda de água das alternativas de projeto investimento se encontrar na faixa de 0,5 a 2,5 L s⁻¹ (BAHIA, 2018).

3.2.2 Custos variáveis

Os custos variáveis têm como seus principais componentes: insumos (sementes, fertilizantes, defensivos), operação, colheita e transporte, de acordo com a Equação 7. Os custos foram considerados inicialmente mensalmente e posteriormente computados para o ano todo.

$$CV = \text{Insumos} + C_{op} + C_{wt} + CC + C_t \quad \text{Eq: 7}$$

CV – custo variável de produção (R\$);

Insumos – custo de insumos (R\$);

C_{op} – custo de operação (R\$);

C_{WT} – custo total da água (R\$);

CC – custo colheita (R\$);

C_t – custo de transporte (R\$).

3.2.2.1. Custo de insumos

O custo com insumos é formado por todos os itens que são necessários para a produção do coentro, como: nutrientes da solução nutritiva, embalagens, sementes, fungicidas, inseticidas, substrato, espuma fenólica, copos descartáveis (Equação 8). Esse componente do custo variável foi determinado pelo custo unitário multiplicado pela necessidade total para a condução ideal da cultura no módulo de produção.

$$CI = \sum_{i=1}^n q_i * p_{unt} \quad \text{Eq: 8}$$

CI - custo dos insumos: valor total do custo de aquisição dos insumos de produção (R\$)

q_i – insumo necessário ao ciclo de produção (und);

p_{unt} – preço unitário do insumo utilizado (R\$).

Solução nutritiva

O volume de solução nutritiva disponibilizado por maço de coentro foi de 0,5 L. A solução nutritiva utilizada para a produção do coentro foi a ‘Ouro Verde’, mistura pronta para uso, vendida comercialmente para 3.000 L de água. O ferro utilizado é o EDDHA 6%, comercializado separadamente (Tabela 8). A troca da solução nutritiva foi pensada ao final de cada ciclo de produção.

Tabela 8: Solução nutritiva e ferro EDDHA 6% para produção do coentro e seus respectivos custos para o mês de abril/2021.

Material	Qtd (Kg)	Preço (kg)	Valor
Solução Nutritiva (Ouro Verde) para folhosas 3.000 L	1	R\$ 75,99	R\$ 75,99
Ferro EDDHA 6%	0,108	R\$ 51,00	R\$ 5,51
		Total	R\$ 81,50

Sementes

A cultivar escolhida para a simulação de produção foi a 'Verdão', da empresa fornecedora de semente Horticeres, com o peso da embalagem de 500 g, com o valor de R\$ 19,80.

Insumos para monitoramento da solução nutritiva e defensivos necessários para a produção

A correção do pH da solução nutritiva deve ser realizado com ácido (rebaixamento do valor) ou base (elevação do valor). Os defensivos para controle de pragas e fungos, devem ser utilizados se detectada a presença dos insetos e fitopatógenos. O detergente foi utilizado para higienização das estruturas produtivas (Tabela 9).

Tabela 9: Ácido e base utilizados para a manutenção da solução nutritiva, detergente para a limpeza da estrutura e inseticidas, fungicida e acaricida para o combate de pragas e doenças para o mês de abril/2021.

Material	Qtd	Preço Unt	Valor
Ácido fosfórico para hidroponia 1 L	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Hidróxido de potássio (solução aquosa 1 L)	1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Copo plástico 50 mL (100 und)	50	R\$ 2,42	R\$ 123,42
Detergente higienização	2	R\$ 2,50	R\$ 5,00
Acaricida amplo espectro (100 mL)	1	R\$ 27,80	R\$ 27,80
Fungicida	1	R\$ 120,00	R\$ 120,00
Inseticida Evidence 700 wg	1	R\$ 118,00	R\$ 118,00
Total			R\$ 682,22

O uso dos produtos para a manutenção da solução nutritiva e a quantidade demandada dos defensivos pode ser de difícil previsão. Realizada uma conversa com produtores convencionou-se que o ácido ou hidróxido tem seu uso previsto para o ano todo. Por se tratar de um ambiente protegido os defensivos teriam uma duração menor aqui prevista de 6 meses.

3.2.2.2. Custo de energia elétrica

Para o custo de operação foram consideradas as tarifas de demanda de energia elétrica e de consumo de energia que foram obtidas junto à empresa de

fornecimento de energia elétrica local (COELBA). Para a determinação do consumo foi considerado a energia consumida para bombeamento do local de captação, para circulação da solução nutritiva do sistema hidropônico, dessalinização da água e bombeamento da água captada da chuva, em conjunto com o custo de demanda de acordo com o custo de disponibilidade da energia elétrica.

Para cálculo desse custo foi considerada a metodologia proposta por Frizzone e Andrade Júnior (2005) que consideram a tarifa convencional de energia que leva em conta a demanda e o consumo de energia (Equação 9).

$$C_{\text{energia}} = \text{FCM} + \text{FDM} \quad \text{Eq: 9}$$

C_{ener} – custo da energia elétrica (R\$);

FCM – faturamento mensal do consumo (R\$);

FDM – faturamento mensal da demanda (R\$).

O faturamento do consumo de energia durante o ciclo da cultura foi calculado pelo produto entre o consumo ativo (kWh) de acordo com a potência da bomba, tarifa de consumo (R\$) e número de horas de funcionamento (h) dos equipamentos (Equação 10). O tempo de funcionamento foi contabilizado pela soma do número de horas que a bomba está em funcionamento no sistema hidropônico NFT, do tempo de bombeamento do poço e do bombeamento do reservatório da água captada da chuva. No caso do uso do dessalinizador, foi contabilizado o tempo necessário para a obtenção da água dessalinizada para uso na hidroponia.

$$\text{FCM} = \text{CEN} * T_f * \text{TC}_c \quad \text{Eq: 10}$$

FCM – faturamento mensal do consumo de energia (R\$);

CEN – consumo de energia da motobomba ou do dessalinizador da Osmose Reversa (kW);

T_f – horas de funcionamento;

TC_c – tarifa de consumo convencional referente ao valor de venda de 1 kWh de energia consumida (R\$ kWh).

O faturamento da demanda mensal de energia foi calculado em função da demanda contratada, sendo está em função da potência das motobombas e da tarifa da demanda (Equação 11).

$$\text{FDM} = \text{DD} * \text{TDM} \quad \text{Eq:11}$$

FDM – faturamento mensal de demanda de energia da bomba de alimentação (R\$ mês⁻¹);

DD – demanda contratada (kW);

TDM – tarifa de demanda referente ao valor de 1 kW de potência demandada, que dá o direito à sua utilização pelo período de um mês (R\$ kW⁻¹).

A demanda contratada foi calculada pela equação simplificada abaixo:

$$\text{DD} = 0,736 * \text{Pot} \quad \text{Eq: 12}$$

DD – demanda contratada (kW);

Pot – potência do motor (cv).

A circulação de solução nutritiva recomendada para a hidroponia é de 15 min de funcionamento e outros 15 min de repouso na faixa de horário das 6 h às 18 h. Das 18 h às 6 h a circulação recomendada é de 3 h em 3 h, com 15 min de funcionamento. Considerando esse ciclo de acionamento da bomba tem-se um tempo total de 13,5 h de funcionamento, no qual é calculado o consumo em KWh de acordo com a potência da bomba selecionada. Ressaltando a que cada módulo construído tem sua própria bomba como forma de se evitar riscos de contaminação de um módulo para outro, o que reduz a chance de perda total da produção.

Os custos de energia elétrica estão também relacionados pela necessidade de demanda hídrica, os gastos de água com manutenção e limpeza podem ser vistos na Tabela 10. Os valores foram obtidos com base na experiência obtida nos experimentos conduzidos no Núcleo de Água e Solo (NEAS) da UFRB.

Tabela 10: Detalhamento do consumo de água para limpeza do ambiente protegido e eventuais perdas do processo.

Limpeza do sistema de produção: Utilizando lavadora de alta pressão	
Consumo	0,005 m ³ min ⁻¹
Tempo gasto por linha	1 min
Consumo por linha	0,005 m ³ linha ⁻¹
Consumo por bancada	0,035 m ³ bancada ⁻¹
Enxágue por linha	0,006 m ³ linha ⁻¹
Enxágue por bancada	0,005 m ³ bancada ⁻¹
Consumo Total com Limpeza	0,693 m³ ciclo⁻¹
Outras fontes de gasto hídrico	
% dos vazamentos	1%
Perda hídrica por vazamento	0,009374 m³ min⁻¹
Substituição da solução por erro	
Nº de erros tolerados no mês	1 erro mês ⁻¹
Perda hídrica por erro	0,3906 m³ ciclo⁻¹
Consumo extra total na manutenção do ambiente protegido	0,4843 m³ ciclo⁻¹

Para o coentro considerou-se o consumo de 2 L maço⁻¹ por ciclo de produção, sendo um total de 9,76 m³ de acordo com dados de Silva et al. (2018). Com o consumo extra calculado anteriormente o consumo total foi de 10,24 m³, para o efeito dos cálculos considerou-se o consumo total do módulo de 10,50 m³.

Esses dados indicam a necessidade hídrica do projeto. Dessa forma é possível inferir o tempo de funcionamento da bomba de captação de água, conseqüentemente o custo da energia elétrica de bombeamento.

A bomba escolhida para o bombeamento da água do poço utilizada na simulação foi a 3BPS2/14 da empresa EBARA, no valor de R\$ 970,00, que tem a altura manométrica necessária para a captação de água a 60 m de profundidade. Para essa profundidade, de acordo com a curva de rendimento, tem vazão de 2,0 m³ h⁻¹, com a necessidade funcionamento de 0,17 h por dia para atendimento da demanda hídrica do coentro, como exemplo. A profundidade de bombeamento foi estudada também para 20 e 40 m, como forma de simulação de possíveis outros cenários encontrados pelo produtor, com

os custos e detalhes de cada situação apresentados nos resultados do presente estudo.

3.2.2.3. Custo de colheita

O custo da colheita foi considerado desde a aquisição das embalagens adequadas aos produtos hidropônicos. No caso do coentro com a produção esperada, houve a necessidade de aquisição de 5000 unidades por mês no valor de R\$ 760,00 (abril/2021).

Durante a etapa da colheita foi necessário, no planejamento proposto, a contratação de outro trabalhador como mão de obra extra, para se dar conta dessa etapa. Foram considerados 2 h extra por dia durante uma semana por módulo de produção, com o adicional noturno devido a colheita ser realizada na madrugada. O valor da hora foi calculado de acordo com o salário-mínimo vigente, com o adicional de 20% de acordo com a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), assim como o cálculo do 13º proporcional e do adicional de férias.

3.2.2.4. Custo de transporte

Para o cálculo do custo de transporte considerou-se 50 km de distância média entre o produtor e o centro de distribuição (Costa e Junqueira, 2000), valor considerado para a análise, pois normalmente a produção ocorre nas áreas periféricas da cidade. Para o cálculo considerou-se a resolução 5923/2021 para carga geral e com veículo de 2 eixos da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) tem o valor de R\$ 1,99 por km rodado.

3.2.2.5. Custo de captação de água da chuva

O maior custo para a captação de água da chuva diz respeito à construção do reservatório para armazenamento. Esse reservatório é dimensionado de acordo com o potencial pluviométrico e com o balanço hídrico potencial de saída da água armazenada para consumo. Os custos da condução da água captada na estrutura do módulo de produção já foram orçados junto com a estrutura de montagem do módulo de produção.

O custo de captação da água da chuva foi orçado de acordo com a metodologia proposta por Couto (2022) para dimensionamento da construção do reservatório, considerando preços de abril/2021. Em comparação, com o valor encontrado utilizou-se também o método proposto Azevedo Neto (ABNT, 2007).

$$V_{an} = 0,042 * PA * A * T \quad \text{Eq: 13}$$

V_{an} – volume do reservatório (L);

PA – precipitação pluviométrica anual média (mm ano^{-1});

A – área de captação (m^2);

T – número de meses de pouca chuva ou seca (adimensional).

O custo com o bombeamento da água foi calculado de acordo com a necessidade hídrica complementar ao provido pelo reservatório de captação de água da chuva, considerando o custo necessário de bombeamento da água do reservatório da água da chuva para o reservatório da solução nutritiva. Foi calculada com a potência da bomba e tempo de funcionamento o valor da energia elétrica para realizar essa operação.

Para o cálculo da mão-de-obra extra, foram consideradas duas horas extras para montagem e desmontagem da bomba e bombeamento da água do reservatório para o da solução nutritiva utilizando-se da mesma bomba da solução nutritiva no período da noite, onde o acionamento é mais espaçado.

Os custos com a mão de obra extra e com o bombeamento da água do reservatório de água da chuva foram contabilizados e incluídos no cálculo do custo total de produção.

Após o dimensionamento do reservatório foi dimensionada a manta de cobertura do reservatório de acordo com as equações a seguir:

$$LM = LT + (2 * PT) + 0,2m$$

LM – Largura da manta;

LT – Largura do tanque;

PT – Profundidade do tanque.

$$CM = CT + (2 * PT) + 0,2m$$

CM – Comprimento da manta;

CT – Comprimento do tanque;

PT – Profundidade do tanque.

O reservatório montado foi coberto com a manta plástica para evitar as perdas comum da evaporação.

3.2.2.6. Custos de dessalinização

O dessalinizador escolhido foi o da marca Vega vertical, que produz $0,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ de água dessalinizada. A recomendação é de troca mensal de filtros e das membranas, a cada 3 anos, de acordo com a empresa fabricante. Esse dessalinizador foi escolhido pela sua disponibilidade no mercado e com a sua capacidade de dessalinização.

Com vazão de entrada recomendada de $1,0 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e vazão de saída de $0,5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, seriam necessárias 6 h de funcionamento para atender os 3.000 L necessários para o coentro e mais 20,48 h de funcionamento para atendimento da demanda hídrica estimada do coentro por ciclo de produção. O rejeito é de aproximadamente 50% do volume de alimentação da água, dessa forma para atender a demanda hídrica do projeto de 10 m^3 para o coentro, produziria $10,0 \text{ m}^3$ de rejeito. Segundo o fabricante se a água de entrada possui condutividade elétrica de $2,72 \text{ dS m}^{-1}$, o rejeito possuirá $5,36 \text{ dS m}^{-1}$.

No Semiárido, a evaporação média segundo Molle (1989) é de 3.000 mm por ano, o que representa uma evaporação média diária de 8,21 mm. Para o ciclo de produção do coentro, com base nesse dado de evaporação o rejeito produzido pelo coentro precisaria de uma área de $40,60 \text{ m}^2$ para evaporar completamente este rejeito diariamente, como exemplo de cálculo. Para atender esse exemplo com seu rejeito total diário, seria necessária uma área da lagoa de evaporação de $10,0 \times 4,0 \times 0,10 \text{ m}$ que atende o volume produzido com sobra e possui viabilidade de escavação, assim como a área necessária para evaporação. De acordo com a Tabela Sinapi abril/2021, o custo médio da escavação de um metro cúbico foi de R\$ 125,00.

Os valores dos custos com a instalação do dessalinizador são descritos na Tabela 11, assim como os custos de construção do abrigo de alvenaria e da lagoa de evaporação. O abrigo de alvenaria foi dimensionado em 15 m^2 com o custo orçado de acordo com Machado, Possamai, e Zampieri, (2020), para

garantir o correto funcionamento do dessalinizador. A limpeza recomendada é feita quando a eficiência do sistema de produção de água diminuir 10%, aplicando soluções ácidas para a limpeza.

Tabela 11: Custo para a aquisição do dessalinizador Vega, construção do abrigo e escavação da lagoa de decantação para o mês de abril/2021.

Item	Qtd	Valor
Dessalinizador Vega	1 und	R\$ 39.900,00
Abrigo	15 m ²	R\$ 1.975,65
Lagoa de evaporação	10 m ³	R\$ 625,00
Total		R\$ 41.935,38

Já os custos de manutenção e uso podem ser vistos na Tabela 12.

Tabela 12: Custos decorrentes do uso e manutenção do dessalinizador Vega para o mês de abril/2021.

Equipamento	Qtd	Valor
Solução ácida	4 Kg	R\$ 91,60
Troca cartucho	12	R\$ 276,00
Membrana	1 und	R\$ 300,00
Total		R\$ 667,60

Esses custos de dessalinização apurados foram parcelados mensalmente e de acordo com o fator de recuperação do capital a uma dada taxa de desconto, chegou-se ao custo do investimento presente de acordo com os gastos anuais.

$$CMF_{Des} = (CA_{des} + C_a) * \left[\frac{TA * (1 + TA)^n}{(1 + TA)^n - 1} \right] \quad \text{Eq: 14}$$

CMF – Custo mensal fixo do processo de dessalinização (R\$);

CA_{des} – Custo de aquisição dessalinizador (R\$);

C_a – Custo do abrigo do dessalinizador (R\$);

TA – Taxa de atratividade mensal;

n – Vida útil do dessalinizador (meses).

3.2.2.7. CUSTOS E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR OFF GRID

O sistema solar foi dimensionado de acordo com a exigência de energia para a produção do coentro hidropônico no módulo planejado. O primeiro passo foi o levantamento da potência requerida pelos equipamentos que foram utilizados no módulo de produção e seu determinado tempo de funcionamento. De posse do valor da potência de pico necessária para o módulo, pesquisou-se o tempo de insolação da localidade onde foi instalado o módulo.

$$P_{th} = P_{requerida} / \pi \quad \text{Eq: 15}$$

P_{th} – valor da potência necessária para ser produzida pelos painéis solares para atender ao pico de demanda (w);

$P_{requerida}$ – Potência máxima requerida pelos equipamentos do módulo planejado (w);

π – Tempo de insolação (h).

A escolha do painel solar foi feita de acordo com a disponibilidade comercial, para a produção da potência necessária. Pela equação de Ohm encontrou-se a potência produzida pelo painel, dessa forma pela divisão da potência ideal pela produção do painel encontrou-se o número de painéis necessários para a produção no módulo.

Para o dimensionamento do controlador de carga, utilizou-se novamente a lei de Ohm, que pela divisão da potência produzida pelos painéis dividida pela tensão escolhida do sistema, encontrou-se a corrente esperada do sistema *off grid*. O sistema *off grid* é independente da rede de fornecimento público de energia, em que a energia produzida fica armazenada em baterias.

Para a escolha das baterias, utilizou-se o tempo de insolação e a potência produzida pelos painéis, no qual encontrou-se a corrente produzida diariamente. No caso, escolheu-se um percentual de descarga das baterias de 50%, como forma de alongamento da sua vida útil. Com a potência de armazenamento da bateria escolhida e percentual de descarga, foi possível calcular o número de baterias necessárias para o sistema.

Como a corrente das baterias é do tipo contínua, foi necessário também a escolha do inversor de frequência em que atendesse a tensão da cidade

escolhida e a potência máxima de 6.000 w demandada pelos equipamentos do módulo. De posse dos valores demandados de cada equipamento foram obtidos os custos de montagem do sistema de produção *off grid* para o módulo de produção hidropônico.

O sistema *on grid* não foi utilizado no estudo devido as particularidades de tarifação e pela mudança que ocorrerá na legislação a partir de 2023.

3.2.3. Custo total

O custo total foi calculado pela soma dos custos fixos e variáveis totais.

$$CT = C_{\text{fixo}} + C_{\text{var}} \quad \text{Eq: 16}$$

CT – custo total (R\$);

C_{fixo} – custo fixo (R\$);

C_{var} – custo variável (R\$).

3.4. Receita

A determinação da receita esperada foi baseada na metodologia proposta por Soares et al. (2013). Inicialmente foi realizada a pesquisa de preços do coentro pagos aos agricultores em uma série histórica da Empresa Baiana de Alimentos (EBAL), onde constatou-se o preço mínimo, máximo e modal. Esses preços foram reajustados aos valores presentes usando o Índice Geral de Preços - Oferta Interna (IGP-DI), publicado pela FGV.

A equação utilizada para a aplicação da deflação foi:

$$\rho = w \cdot \frac{b}{\text{IGP(DI)}} \quad \text{Eq: 17}$$

ρ - preço reavaliado ao tempo presente (R\$);

w - preço nominal (R\$);

b - preço nominal registrado no tempo presente (R\$);

IGP (DI) - índice geral de preço para a oferta interna.

Posteriormente, foi escolhida a função de produção para estimativa da produção do coentro de acordo com a condutividade elétrica da água (CEa), nos valores de 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m⁻¹. A função de produção escolhida para

a estimativa da produção esperada de acordo com os níveis de salinidade foi a proposta por Silva (2018), para o coentro.

$$MF_{\text{maço}} = -2,11 * CE_a + 29,78 \quad \text{Eq: 18}$$

$MF_{\text{maço}}$ – Massa fresca do maço de coentro (g);

CE_a – Condutividade elétrica da água (dS m^{-1}).

No caso do uso do dessalinizador, a receita extra obtida pelo dessalinizador foi calculada pela relação da receita obtida com a produção hidropônica sem uso de dessalinizador e aquela obtida com uso de dessalinizador. Esse dado é importante para se avaliar o ganho proporcionado pelo uso do dessalinizador no cultivo hidropônico.

$$RAE = RAD - RASD \quad \text{Eq: 19}$$

RAE – receita extra-anual (R\$);

RAD – receita anual com uso do dessalinizador (R\$);

RASD - receita anual sem uso do dessalinizador (R\$).

Calculada a receita e custos de produção, determinou-se o lucro bruto e líquido esperado do empreendimento. Os custos para a produção da cultura selecionada (conforme descritos no item 3.3) foram subtraídos da receita bruta analisada, obtendo-se a receita líquida.

$$RLA = RA - (C * N) \quad \text{Eq: 20}$$

RLA – receita líquida anual por módulo (R\$);

RA – receita bruta anual por módulo (R\$);

C – custos de produção por colheita por módulo (R\$);

N – número de colheitas no ano.

Para a análise de viabilidade de produção de todas as situações do projeto, foram consideradas perdas naturais da produção de 5%, com uma folga em relação aos 3% que Souza et al. (2021) consideram como perdas normais na produção hidropônica.

3.5. Índices de viabilidade econômica

Um dos índices escolhidos para a análise de viabilidade econômica foi o Valor Presente Líquido (VPL), calculado de acordo com a equação a seguir:

$$VPL = RLA \cdot \frac{j \cdot (1+j)^n}{(1+j)^n - 1} \quad \text{Eq: 21}$$

VPL – valor presente líquido (R\$);

RLA – receita líquida anual (R\$);

j - taxa de desconto anual;

n – tempo de uso do dessalinizador (anos).

A taxa interna de retorno foi calculada de acordo com a equação apresentada por Frizzone e Andrade Júnior (2005);

$$0 = -I_o + \left[\sum_{k=1}^n \frac{RLA_k}{(1+TMA)^k} \right] + \frac{VR}{(1+TMA)^k} \quad \text{Eq: 22}$$

I_o – valor inicial do investimento (R\$);

k – número de períodos envolvidos em cada elemento da série de receita líquida no horizonte de planejamento do projeto (k = 1, 2, 3 ... n);

RLA_k – cada uma receita líquida envolvida no fluxo de caixa que ocorrerem em k (R\$);

TMR – taxa mínima de retorno anual;

VR – valor residual (R\$).

O Payback descontado foi utilizado para análise do tempo de pagamento do investimento inicial, considerando a taxa mínima de retorno, calculando-se o período necessário para retorno do investimento realizado. O cálculo foi realizado com a análises do fluxo de caixa, com a determinação do tempo em que o retorno deixou de ser negativo. Para o cálculo preciso do Payback Descontado dividiu-se o saldo negativo do ano anterior ao que deixou de ser negativo pelo valor do fluxo de caixa do primeiro ano positivo, esse valor foi somado ao valor do ano encontrado. Para esse cálculo utilizou-se o software Microsoft Excel (2013).

A taxa de 12% ao ano (aproximadamente 1,0% a.m.) foi considerada como a taxa mínima de retorno (TMR) de referência para as alternativas de investimento. Esta taxa tem seu uso incentivado pelo Banco Mundial (International Bank for Reconstruction and Development - IBRD), quando dos financiamentos de programas e projetos que envolvem recursos hídricos no Semiárido.

3.6. Análise probabilística

O estudo da viabilidade foi baseado na análise probabilística de ocorrência dos eventos dos preços no período analisado, em que a frequência relativa refletiu a aproximação da probabilidade de ocorrência do evento estudado.

O valor médio ou valor mais esperado da variável analisada foi determinado para identificação do valor com maior chance de ocorrer na análise. Para seu cálculo foi considerado a soma dos valores médios dos intervalos de classe multiplicado pela sua frequência relativa, de acordo com a Equação 23.

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i f_i \quad \text{Eq: 23}$$

\bar{x} - valor médio;

X_i – valor médio do intervalo de classe;

f_i – frequência relativa.

Foi usado o desvio-padrão para a medida de variabilidade dos dados analisados, ou seja, o quanto os valores se dispersam em relação ao valor central.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n} \quad \text{Eq: 24}$$

Para aumentar o valor das informações analisadas, utilizou-se o método de Monte Carlo, com a simulação de 5000 valores das variáveis analisadas. O método foi utilizado para a distribuição triangular, com informações mais acessíveis dos valores mínimo, médio e máximo dos preços do coentro

analisados, com a validação desta distribuição pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

A primeira etapa foi a determinação de números aleatórios de 0 a 1, gerados pelo software Excel. Com os valores de máximo, mínimo e modal das variáveis analisadas, calcula-se o valor r^* de referência de análise de acordo com a Equação 25.

$$r^* = \frac{m - b}{a - b} \quad \text{Eq: 25}$$

r^* - número aleatório de referência;

m – valor médio;

b – valor máximo;

a – valor mínimo.

Comparou-se o valor do número aleatório (r) gerado com o r^* se $r > r^*$ $r = F(x)$, calculado pela Equação 26, se $r < r^*$ calculou-se $F(x)$ pela equação 27.

$$x = b - \sqrt{(1 - r)(b - a)(b - m)} \quad \text{Eq: 26}$$

$$x = a + \sqrt{r(b - a)(m - a)} \quad \text{Eq: 27}$$

x – $F(x)$;

r – número aleatório gerado

m – valor médio;

b – valor máximo;

a – valor mínimo.

No caso de $r = r^*$, considerou-se $x = m$. Foi calculado então os valores do valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e Payback descontado para a análise de viabilidade probabilística da análise econômica.

Com a simulação dos valores de VPL foi calculada a probabilidade de inviabilidade do investimento de acordo com a função de probabilidade acumulada, considerada no trabalho como triangular.

3.7. Horizonte de planejamento do projeto

O horizonte de planejamento é algo relativo, porém foi definido considerando a vida útil dos materiais da estrutura hidropônica e dos equipamentos. Nesse contexto, visando minimizar possíveis erros de previsão futura e aumentando a confiabilidade das análises, o presente estudo foi desenvolvido com o horizonte de planejamento arbitrado em 10 anos. Considerou-se que a manutenção foi realizada de forma adequada da estrutura de produção.

3.8. Cenários avaliados

Para a realização das análises econômicas probabilísticas de viabilidade foi necessário montar cenários com variáveis definidas para auxiliar a tomada de decisão do gestor do empreendimento hidropônico na realização do investimento e da produção.

Na montagem desses cenários foram pensadas variáveis que no estudo impactam diretamente na viabilidade econômica do empreendimento, como: 1. condutividade elétrica da água (CE_a) utilizada no preparo da solução nutritiva e na reposição da evapotranspiração da cultura (ETC), 2. diferentes fontes de água para atender a demanda hídrica, 3. números de ciclos produtivos anuais, 4. número de módulos de produção.

1. Condutividade elétrica da água (CE_a): avaliou-se os níveis de condutividade elétrica da água (CE_a) de 0,15; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 $dS\ m^{-1}$ (Tabela 13), que representam, segundo estudos dedados colhidos da CPRM (2022), o maior percentual da condutividade elétrica da água encontrada nos poços catalogados na região do Semiárido baiano.

Tabela 13: Levantamento e classificação dos poços perfurados na Bahia de acordo com a condutividade elétrica ($dS\ m^{-1}$) com dados disponibilizados pela Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2019)

$CE_a\ dS\ m^{-1}$	Nº	%
Até 1,0 $dS\ m^{-1}$	5.961	51,48
Até 2,0 $dS\ m^{-1}$	7.574	65,41
Até 3,0 $dS\ m^{-1}$	9.512	82,14
Até 4,0 $dS\ m^{-1}$	9.523	82,24
Até 5,0 $dS\ m^{-1}$	9.797	84,60
Total poços	42.367	100%

2. Diferentes fontes de água para atender a demanda hídrica: na análise a demanda hídrica pode ser atendida por diversas fontes de água: água bombeada de poço; água da chuva combinada com a água salobra, água fornecida pela EMBASA e uso de água dessalinizada pela técnica da Osmose Reversa.

3. Números de ciclos produtivos anuais: o número de ciclos foi considerado como uma forma de considerar, indiretamente, o nível de preparo técnico do produtor, pois o maior número de ciclos implica em maior domínio da técnica hidropônica de cultivo. No caso, 10 ciclos de produção foi considerado como um cenário ruim de preparo para a produção e 14 ciclos de produção como cenário ótimo para a produção do coentro (Tabela 14).

Tabela 14: Classificação de cenários de acordo com o número de colheitas anuais esperado para a produção do coentro.

Número de ciclos	Cenário
10	Péssimo
11	Ruim
12	Regular
13	Bom
14	Ótimo

4. Número dos módulos de produção: o acréscimo do módulo de produção impacta diretamente no valor do investimento inicial, porém o acréscimo altera custos variáveis como a mão de obra, dessa forma foi avaliado o impacto do acréscimo do número de módulos sobre a viabilidade econômica.

5. Diferentes profundidades de bombeamento: no caso as profundidades escolhidas foram as de 20, 40 e 60 m, como forma de simular diferentes realidades que podem ser encontradas pelos produtores que visam explorar as águas subterrâneas.

6. Diferentes fontes de energia elétrica: com a energia fornecida pela concessionária de distribuição de energia elétrica e com o sistema *off grid* de produção de energia solar.

Os cenários foram avaliados para a primeira de preços realizada no mês de abril de 2021.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Disponibilidade de água no Semiárido Baiano e seu possível uso na hidroponia

O principal insumo para a produção de alimentos é a água, que na região do Semiárido Nordestino é um recurso escasso na forma pluviométrica e nos rios (Zoby, 2002). Como exemplo da disponibilidade hídrica pluviométrica da Região Semiárida Baiana foi utilizado o banco da série histórica de 1981 a 2010, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), no qual os dados mostraram que os municípios dessa região possuem precipitação total anual média próximo a 800,0 mm, porém com municípios com valores inferiores ao da média como Paulo Afonso-BA com média anual de 513,0 mm.

Considerando os dados pluviométricos analisados dos municípios do Semiárido Baiano, o armazenamento potencial de água artificial no módulo planejado, seguindo a metodologia proposta por Azevedo Neto (ABNT, 2007) seria de 49,83 m³, o que não garantiria a autossuficiência hídrica do projeto em questão.

Como alternativa à baixa disponibilidade hídrica proveniente das chuvas e dos rios, pode ser utilizada as águas de origem subterrânea, que segundo Zobby (2002) e Zanela (2014) no Semiárido, normalmente, possuem baixas vazões e qualidade reduzida (elevada condutividade elétrica). Os poços do Semiárido Baiano foram classificados de acordo a vazão e condutividade elétrica, analisando-se os dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (2019) (Tabela 15 e 16).

Constatou-se que 24,28% dos poços (6347 poços) do Semiárido Baiano tinham vazão abaixo de 2,0 m³ h⁻¹, vazão que pode ser insuficiente para atender projetos de irrigação que são de grande porte (Tabela 15). Enfatizando o Estado da Bahia, Lordelo et al. (2018) mostraram que a Companhia de Engenharia Ambiental e Recursos Hídricos da Bahia (CERB) perfurou, até 2015, 434 poços no Estado da Bahia, dos quais 43,5% apresentaram vazões não aproveitáveis para projetos de irrigação convencional. Dessa forma esses poços que demandaram recursos públicos estavam abandonados ou inoperantes.

Tabela 15. Levantamento e classificação dos poços perfurados na Bahia de acordo com a vazão ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$) com dados disponibilizados pela Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2019).

Vazão	Número de poços	%
Até $2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$	1.541	24,28
Entre $2,0$ e $20 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$	3.893	61,34
Entre 20 e $40 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$	704	11,09
Entre 40 e $60 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$	111	1,75
Acima de $60 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$	98	1,54
Total	6.347	100

A hidroponia pode ser uma excelente alternativa para utilização da água desses poços, pois permite um uso mínimo da água disponível e viabiliza, de forma fácil e rápida, a produção de diferentes espécies vegetais, além de aumentar consideravelmente a eficiência do uso da água (Khattab et al., 2016; Soares et al., 2017; Costa et al., 2018). O coentro, com uma demanda total de 10 m^3 por ciclo de produção (para o módulo planejado) pode ser plenamente atendido pela maioria da vazão dos poços analisados.

Aliada à baixa vazão dos poços recorrente ao Semiárido Nordeste, outro problema, comumente elencado pelos autores, é a alta condutividade elétrica das águas o que é confirmado na Tabela 16. Com os dados da CPRM dos poços perfurados, 48,52% dos poços perfurados têm condutividade elétrica superior a $1,0 \text{ dS m}^{-1}$. A Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) classifica como salobras, as águas com condutividade elétrica entre $0,65$ e $37,5 \text{ dS m}^{-1}$. Chama-se a atenção que o uso dessa água, sem o atendimento das técnicas adequadas de irrigação convencional, pode provocar graves problemas ambientais.

Tabela 16. Levantamento e classificação dos poços perfurados na Bahia de acordo com a condutividade elétrica (dS m^{-1}) com dados disponibilizados pela Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2019).

CEa dS m^{-1}	Número de poços	%
Até $1,0 \text{ dS m}^{-1}$	5.961	51,48
Até $2,0 \text{ dS m}^{-1}$	7.574	65,41
Até $3,0 \text{ dS m}^{-1}$	9.512	82,14
Até $4,0 \text{ dS m}^{-1}$	9.523	82,24
Até $5,0 \text{ dS m}^{-1}$	9.797	84,60
Total poços	42.367	100%

Diversos trabalhos, como Modesto et al. (2019) com o quiabo, Costa et al. (2020) com a couve-flor, mostram a viabilidade técnica de uso da água salobra na hidroponia para a produção de alimentos, com impactos ambientais minorados, pois o descarte pode ser feito de forma controlada, como por exemplo em tanques de decantação (Brito et al., 2014).

O uso da hidroponia que permite a geração de renda e a possibilidade de aproveitamento de poços com baixa vazão ou com água com maior condutividade elétrica é uma ação socioeconômica e um tipo de estratégia defendida por Francis et al. (2020), sendo baseada num desenvolvimento sustentável e promoção de uma economia mais justa socialmente, menos vulnerável aos efeitos das secas recorrentes, associadas à variabilidade natural do clima.

4.2. Montagem do módulo planejado

MÃO-DE-OBRA

A mão-de-obra pode ser fornecida pela empresa vendedora da estrutura ou contratada pelo empreendedor. Nesse sentido, o valor se mostrou alto quando contratada da empresa fornecedora e sem dados técnicos no mercado hidropônico para balizar a contratação de mão de obra por parte do empreendedor. A empresa consultada Zanatta Estufas Agrícolas para a montagem de uma casa de vegetação de 7 x 32 m, estima um gasto de R\$ 8.600,00 (abril/2021) para as despesas de deslocamento, hospedagem, alimentação entre outras. Valor esse que pode ser impeditivo para a construção do módulo nas condições no Semiárido, vale ressaltar que a mão-de-obra orçada nesse caso é para a montagem de casas de vegetação com estruturas metálica.

Rover et al. (2016) mensuraram o valor da mão de obra em R\$ 2.000,00 para montagem de uma casa de vegetação de 7 x 30 m para a produção da alface hidropônica no ano de 2016, porém não mostraram como esse valor foi composto. Com a correção para abril/2021 pelo Índice Nacional de Custo da Construção (INCC-DI) – Mão-de-obra acumulado de 17,42%, tem o valor de R\$ 2.348,40.

Para a construção do módulo pelo produtor, com base na tabela da Câmara Brasileira da Indústria de Construção (CBIC) e discussão com profissionais da área da hidroponia, propôs-se índices de produtividade laboral

para a montagem do módulo hidropônico, encontrando-se um tempo total necessário para montagem da estrutura de 275,3 h (Tabela 17), chamando a atenção que foi considerado um terreno sem prévio manejo.

Tabela 17: Índices de produtividade laboral e tempos da mão-de-obra necessários para a montagem de um módulo de produção planejado para estudo.

Serviço	Índice de produtividade	Tempo necessário (h)
Limpeza do terreno	1,0 (h m ⁻²)	210,0
Escavação pilar	0,8 (h m ⁻³)	5,3
Colocação do pilar	0,5 (h pilar ⁻¹)	11,0
Construção da mureta	0,53 (h m ⁻¹)	23,5
Montagem do arco	0,5 (h arco ⁻¹)	7,5
Alocação do plástico	0,13 (h m ⁻¹)	4,0
Colocação da tela protetora	0,027 (h m ⁻¹)	8,0
Escavação do reservatório da solução nutritiva	0,8 (h m ⁻³)	4,0
Escavação manual das valas dos drenos da solução nutritiva	2,0 (h m ⁻³)	2,0
Total		275,3

Foi pensada inicialmente a utilização de somente um trabalhador. Nessa situação, com o tempo calculado de 275,3 h, seriam necessários 34,41 dias de trabalho de acordo com a jornada de 8 h de trabalho diária. Isso dificultaria a construção, pois existem tarefas que o trabalhador tem dificuldade em executar sozinho.

Não sendo operacionalmente viável a utilização de um trabalhador para a construção da estrutura, pensou-se na montagem de uma equipe de trabalho, no caso formada por 4 pessoas, 1 pedreiro e 3 serventes de obra. Nessa situação, com a mesma jornada de trabalho, o tempo necessário para a construção foi de 8,5 dias. De acordo com o salário base da construção civil de 2021, a hora do servente de obras é de R\$ 6,85 h⁻¹ e do pedreiro de R\$ 11,85, o valor da mão de obra seria estimado em R\$ 1.397,4 com o uso de 3 profissionais mais R\$ 806,22 do pedreiro da obra, dando um total de R\$ 2.203,62 para montagem da estrutura do módulo de produção.

A montagem das bancadas produtivas é uma etapa relevante na implementação do módulo de produção em que normalmente empresas

especializadas em hidroponia dominam seus valores e tempos de construção. Erros nessa etapa podem incorrer em perdas importantes de material e consequente aumento do investimento. No presente trabalho, também, foram sugeridos índices de produtividade de acordo com a experiência de profissionais de montagem de empreendimentos hidropônicos (Tabela 18). Com esses índices calculou-se o valor da mão de obra para montagem das bancadas produtivas.

Tabela 18: Índices e tempos da mão-de-obra necessários para a montagem das bancadas produtivas para a cultura do coentro para um módulo de produção.

Serviço	Índice produtividade	Tempo necessário (h)
Fechamento de valetas	0,08 (h m ⁻¹)	3,5
Medição e corte dos canos das bancadas	0,08 (h m ⁻¹)	2
Medição e perfuração dos canos	0,17 (h m ⁻¹)	8
Colagem e montagem das bancadas	0,17 (h m ⁻¹)	4
Medição e corte dos canos de condução da solução nutritiva	0,08 (h m ⁻¹)	4
Montagem do encanamento de condução da solução nutritiva	0,08 (h m ⁻¹)	2
Montagem do sistema de drenagem	0,08 (h m ⁻¹)	2
Montagem do sistema de motobomba	-	2,5
Total		28

O tempo total para a montagem das bancadas projetadas foi de 28 h ou 3,5 dias de trabalho, de acordo com as horas diárias de trabalho. Para essa etapa de montagem foi considerado a utilização de dois funcionários, o que reduz o tempo necessário para 14 h, porém para o cálculo do valor da mão-de-obra, foi utilizado o valor de 16h, ou seja, duas diárias de trabalho. Com o valor da diária de R\$ 6,85 h⁻¹, o valor dessa etapa seria de R\$ 109,60.

O custo total da mão-de-obra, somando-se o valor orçado para a montagem da estrutura com o valor da montagem das bancadas do módulo de produção, foi de R\$ 2.313,22 para a montagem da estrutura para produção do coentro. Bem próximo ao valor reajustado proposto por Rover et al. (2016).

VALOR DA ESTRUTURA PRINCIPAL PARA O CULTIVO DO COENTRO

Para a montagem do módulo de produção foi necessário pré-definir dimensões, mão de obra, materiais e seus valores. Cada etapa foi pensada para garantir as melhores condições de produção hidropônica. As dimensões escolhidas do módulo foram pensadas para que a produção no módulo fosse sustentável economicamente, com materiais acessíveis e ergonomicamente adequada ao trabalho do produtor para maior conforto em seu trabalho, com materiais e preços acessíveis para compra.

Para o mês de abril/2021, para a cultura do coentro, o valor total da montagem da estrutura com os materiais escolhidos e mão de obra de acordo com os indicadores propostos, foi de R\$ 25.179,30, com o valor do m² igual R\$ 119,90. Vale ressaltar que esse valor é para a montagem da estrutura sem os custos de armazenamento da água da chuva. Essa opção será detalhada posteriormente.

O valor por m² encontrado para a análise é inferior ao orçado com a empresa Zanata (2021) para a implementação de uma estrutura de 7 x 32 m, com o custo de R\$ 183,05 m⁻². Gozzi e Paixão (2017) estimaram um custo, para a cidade São Paulo, de R\$ 130,04 m⁻², sem se considerar os efeitos da inflação do período.

4.3. Produção do coentro com água “doce” com o bombeamento do poço em comparação com a água fornecida pela empresa de água e saneamento básico (EMBASA)

A análise econômica da hidroponia é importante, pois esta técnica de cultivo é cada vez mais relevante na agricultura global. Na América Latina, Brasil e México se destacam como países “hidropônicos”. A produção brasileira vem se expandindo muito rapidamente, principalmente nas regiões próximas aos grandes centros consumidores (Souza et al., 2019).

Para a situação de uso da água subterrânea extraída de 20 m, a bomba escolhida foi a Ebara 3BPS2/7, com 0,33 cv com dois fios de entrada monofásica no valor de R\$ 740,00. O gerador escolhido foi de 4,5 kva no valor de R\$ 5.247,99. O cabo elétrico escolhido para bombeamento na rede monofásica da COELBA foi de 2,5 mm² com 30 m de comprimento (a sobra para ser utilizada nas instalações necessárias), no valor de R\$ 42,00. Nessa situação, diminui-se o custo com a energia elétrica e aquisição inicial do material.

Na profundidade de 40 m, a bomba escolhida foi a Ebara 3BPS2/10 com 0,51 cv com dois fios de entrada monofásica no valor de R\$ 845,00. O gerador escolhido foi de 5,0 kva no valor de R\$ 5.500,00, com o cabo elétrico de 2,5 mm² e 50 m de comprimento, no valor de R\$ 70,00.

A profundidade de 60 m teve a bomba Ebara 3BPS2/14 com 0,76 cv, com dois cabos elétricos de entrada monofásica, no valor de R\$ 970,00. Nessa situação, o gerador selecionado foi de 5,8 kva de potência no valor de R\$ 5.779,22, com o fio de 2,5 mm² com 70 m de comprimento no valor de R\$ 109,90. Nessa situação, o valor do m² do módulo foi de R\$ 98,00.

Como qualquer empresa, o módulo hidropônico tem seus custos para seu funcionamento. O principal custo anual do módulo planejado foi o de mão-de-obra para condução do cultivo e seus tratamentos culturais, sendo responsável por 48,63% dos custos totais de produção. Foram apresentados os custos detalhados para o módulo para 12 ciclos de produção, situação que é esperada com maior frequência (Tabela 19).

Tabela 19. Composição dos custos de produção para um módulo planejado, com o uso da água bombeada do poço e água tratada para 12 ciclos de produção do coentro hidropônico em abril/2021.

(Continua)

12 ciclos	1 módulo	
	Água poço	EMBASA
Mão de obra		
Salário total (mensal)	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00
Salário por hora	R\$ 5,00	R\$ 5,00
Horas extras (mensais)	0	0
Valor da hora extra	R\$ 7,50	R\$ 7,50
Salário com horas extras	R\$ 1.100,00	R\$ 1.100,00
Porcentagem INSS	20%	20%
Contribuição INSS	R\$ 220,00	R\$ 220,00
Porcentagem FGTS	11%	11%
Contribuição FGTS	R\$ 123,20	R\$ 123,20
1/12 13º salário	R\$ 91,67	R\$ 91,67
1/12 Férias remuneradas	R\$ 91,67	R\$ 91,67
Total (mensal)	R\$ 1.626,53	R\$ 1.626,53
Total (Anual)	R\$ 22.391,67	R\$ 22.391,67
Mão de obra colheita		
Horas diárias (h)	2	2
Dias necessários no mês	10	10
Salário por hora	R\$ 7,50	R\$ 7,50
Total (mensal)	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Total (anual)	R\$ 1.730,50	R\$ 1.730,55
Custo de transporte (frete)		
Valor do km rodado	R\$ 1,99	R\$ 1,99
Distância (km)	50	50
Total (mensal)	R\$ 99,50	R\$ 99,50
Total (anual)	R\$ 1.369,77	R\$ 1.369,77
Custo da manutenção		
Depreciação anual	R\$ 2.548,12	R\$ 2.548,12
Custo alternativo do investimento		
Taxa mensal da poupança (%)	0,50%	0,50%
Taxa anual da poupança (%)	6,17%	6,17%
Custo total poupança	R\$ 20.879,20	R\$ 20.879,20
Custo poupança anual	R\$ 2.216,70	R\$ 2.216,70
Custo energia elétrica		
Consumo mensal (kw)	151,9	150,0
Preço (kw)	R\$ 0,62	R\$ 0,62
Total anual	R\$ 1.296,50	R\$ 1.280,00
Demanda (kw)	150,3	149,4
Preço (kw) demandado	R\$ 0,22	R\$ 0,22

12 ciclos	1 módulo	
	Água poço	EMBASA
Total anual	R\$ 455,12	452,37
Total energia elétrica	R\$ 1.751,62	R\$ 1.732,37
Custo da solução nutritiva		
Preço da solução nutritiva completa (kg)	R\$ 75,00	R\$ 75,00
Quantidade necessária (kg)	1,0	1,0
Preço do ferro EDDHA 6%	R\$ 51,00	R\$ 51,00
Quantidade necessária (kg)	0,11	0,11
Total mensal	R\$ 80,61	R\$ 80,61
Número de trocas da solução	12	12
Custo de acordo com a troca de soluções	R\$ 1.082,03	R\$ 1.082,03
Custos insumos		
Sementes		
Quantidade necessária mensal (und)	1	1
Total anual	R\$ 272,58	R\$ 272,58
Embalagem (und)		
Número mensal de embalagens	5000	5000
Total mensal	R\$ 760,00	R\$ 760,00
Total anual	R\$ 10.462,54	R\$ 10.462,54
Controle Solução nutritiva		
Ácido fosfórico para hidroponia 1 L (R\$)	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Quantidade necessária mensal (und)	0,100	0,100
Hidróxido de potássio (solução aquosa 1 L) (R\$)	R\$ 50,00	R\$ 50,00
Quantidade necessária mensal (und)	0,100	0,100
Total anual	R\$ 206,50	R\$ 206,50
Defensivos		
Fungicida (R\$)	R\$ 120,00	R\$ 120,00
Quantidade necessária mensal (und)	0,1	0,1
Acaricida amplo espectro (100 mL)	R\$ 27,80	R\$ 27,80
Quantidade necessária mensal (und)	0,1	0,1
Inseticida evidence 700 wg	R\$ 118,00	R\$ 118,00
Quantidade necessária mensal (und)	0,1	0,1
Total anual	R\$ 365,91	R\$ 365,91
Material para uso		
Copo plástico 50 mL (100 und)	R\$ 2,42	R\$ 2,42
Quantidade necessária mensal (und)	50,0	50,0
Saco Fibra de coco 200g	R\$ 10,20	R\$ 10,20
Quantidade necessária mensal (und)	4,0	4,0
Total anual	R\$ 2.227,42	R\$ 2.227,42
Total insumos	R\$ 13.534,95	R\$ 13.534,95
Custo água tratada		

(Conclusão)

12 ciclos	1 módulo	
	Água poço	EMBASA
Custo m ³ da água utilizada	-	R\$ 2,02
Quantidade utilizada mensal	-	10,00
Total anual	-	R\$ 278,80
Total custo do módulo	R\$ 46.625,40	R\$ 46.884,95

O segundo maior percentual de custos foi dos insumos de produção, com 29,39%, em que entrou diversos materiais necessários para a produção hidropônica.

A água fornecida pela Empresa Baiana de Saneamento e Água (EMBASA), teve como pressuposto um contrato para derivação direta para empreendimentos rurais, que tem o custo de acordo com a empresa fornecedora de R\$ 2,02 por m³. Ressaltando que existem outros tipos de contratos de fornecimento de água tratada, como é o caso das franquias de consumo na zona urbana em que o m³ tem seu valor aumentado de acordo com o aumento do total consumido pela residência ou empreendimento. Dessa forma, a análise pode ser alterada com os maiores gastos decorrentes do tipo de contrato.

Na análise para 12 ciclos de produção no ano, situação mais esperada, o custo unitário de produção de um maço de coentro de 30 g foi de R\$ 0,79 ou de aproximadamente USD \$0,14, de acordo com a cotação média do dólar americano no mês de abril/2021, no valor de R\$ 5,70. Em comparação com a cultura da alface em Quito Equador o valor do custo unitário mostrado por Lazo e Gonzabay, (2020) foi de USD \$0,49.

O segundo módulo de produção provocou uma redução no custo unitário do maço do coentro de 43,03%. Um terceiro módulo proporcionaria uma redução de média de 26,66% em relação ao segundo módulo. O custo unitário não difere da água bombeada do poço e da água tratada, pois o consumo para a produção do coentro hidropônico não é elevado, o que permite menor tempo de bombeamento e conseqüentemente menor consumo de energia elétrica (Tabela 20).

Tabela 20. Custo unitário anual de produção de um maço de coentro hidropônico de acordo com o número de ciclos para um módulo de produção no mês de abril/2021.

	1 módulo		2 módulos	
	Água doce	EMBASA	Água doce	EMBASA
10 ciclos	R\$ 0,93	R\$ 0,93	R\$ 0,52	R\$ 0,52
11 ciclos	R\$ 0,82	R\$ 0,82	R\$ 0,48	R\$ 0,48
12 ciclos	R\$ 0,79	R\$ 0,79	R\$ 0,45	R\$ 0,45
13 ciclos	R\$ 0,73	R\$ 0,73	R\$ 0,42	R\$ 0,42
14 ciclos	R\$ 0,69	R\$ 0,69	R\$ 0,39	R\$ 0,39

A redução do custo unitário não é linear, pois segundo Carareto et al. (2006), os custos fixos permanecem constantes dentro de determinada quantidade instalada e independem do volume a ser produzido. Esses custos se mantêm constantes independentemente de perdas ou número de ciclos de produção. No caso do módulo pensado, são custos que não podem ser evitados ou diminuídos, pois são essenciais para a produção hidropônica. Szwarcfiter e Dalcol (1997) mostram que o aumento das unidades produzidas, em uma economia de escala, reduz os custos produção de uma determinada empresa. Porém, esta redução nos custos tem limites, pois a partir de certo ponto essa redução não é mais possível.

Vale salientar que na análise foi escolhida a substituição completa da solução nutritiva a cada ciclo de produção do coentro, situação mais adequada para quem está começando no cultivo hidropônico. Porém, a solução pode ser reaproveitada com o aumento da qualificação do produtor, fazendo a reposição de acordo com o acompanhamento da condutividade elétrica da solução nutritiva. A reposição da solução nutritiva implica na redução dos gastos com os sais da solução nutritiva.

Santos et al. (2021) enfatizam que frente ao maior custo na hidroponia necessita-se que o mercado diferencie um preço maior para o produto hidropônico. Porém, assim como na presente análise, os autores consideraram o preço da cebola cultivada em sistema convencional para a realização das análises.

Realizada a análise dos custos para a produção do coentro hidropônico, projetou-se a receita estimada de acordo com a série histórica de preços de janeiro de 2020 a abril de 2021, pesquisada na Empresa Baiana de Alimentos (EBAL). Foram encontrados os preços mínimo, médio e máximo de R\$ 0,80; R\$ 1,10 e R\$ 1,50, respectivamente, para o maço de 30 g. Percebe-se que para os menores ciclos de produção têm-se valores de custo unitário (Tabela 20) superior ao do preço mínimo analisado no mercado.

Outro custo importante é o da água utilizada. No caso da água subterrânea, para as diferentes profundidades obteve-se diferentes valores para o custo desse recurso. Vale ressaltar que a demanda hídrica do coentro não é elevada, o que reduz o consumo desse recurso e conseqüentemente seu custo, devido ao menor tempo de acionamento da bomba utilizada no poço. No caso para a profundidade de 20 m, o custo do m³ foi de R\$ 0,10, para 40 m de R\$ 0,15 e para 60 m de R\$ 0,30 (Tabela 21), valores inferiores ao cobrado pela empresa de fornecimento de água pública (EMBASA) no valor de R\$ 2,02 pelo m³.

Tabela 21. Custo m³ de água utilizada para a produção do coentro hidropônico para as profundidades de bombeamento analisadas.

	Profundidade		
	20 m	40 m	60 m
Custo m ³ água utilizada	R\$ 0,10	R\$ 0,15	R\$ 0,30

O custo do m³ da água foi considerado como o custo de bombeamento da água, sem considerar os custos dos insumos adquiridos para esse fim.

O uso da água doce proporciona valores elevados de probabilidade de viabilidade e da esperança do VPL nas condições analisadas, sem diferença entre o uso da água de poço para as diferentes profundidades (Tabela 22). Como era esperado, para 10 ciclos de produção se obtêm os menores valores, porém ainda assim é viável a produção hidropônica para os cenários e profundidades dos poços analisados. As análises realizadas dos indicadores econômicos foram validadas para a distribuição triangular pelo teste de Kolmogorov-Smirnov.

Nas condições analisadas, os custos com o uso da água fornecida pela EMBASA (Tabela 23) são próximos aos valores da água captada do poço na análise dos índices econômicos, para as profundidades avaliadas, apesar do

maior custo do m³ da água. Isso se deve ao fato do menor gasto inicial para o projeto, no caso do uso da água tratada, em que não é necessário a aquisição do material de bombeamento de água do poço. Nesse caso, não difere usar as diferentes fontes de água para a produção hidropônica.

O primeiro índice para a análise do empreendimento foi o benefício líquido anual (BLA) e o Payback Descontado que mostraram como o produtor pode obter sua remuneração do investimento realizado. A produção com água “doce” bombeada do poço ou fornecida pela EMBASA, tem os dados do benefício líquido anual e o Payback Descontado na Tabela 22. Como visto os dados das duas fontes de água não diferem tanto para o BLA e Payback Descontado para as condições analisadas.

Tabela 22: Valores do Benefício Líquido Mensal e Anual (BLA) e Payback (PD) em anos para a produção do coentro no módulo hidropônico planejado com água “doce” bombeada de poço, em função do número de ciclos de produção no ano para abril/2021.

Módulo	Ciclos	20 m		40 m		60 m		EMBASA	
		BLA	PD	BLA	PD	BLA	PD	BLA	PD
1	10	R\$ 9.693,51	4,6	R\$ 9.951,20	4,8	R\$ 9.717,02	5,0	R\$ 10.237,00	4,6
1	11	R\$ 15.058,91	3,2	R\$ 15.028,15	3,3	R\$ 14.816,75	3,4	R\$ 15.149,00	3,1
1	12	R\$ 20.372,77	2,0	R\$ 20.493,19	2,1	R\$ 20.036,03	2,2	R\$ 20.388,45	1,9
1	13	R\$ 25.358,48	1,4	R\$ 25.301,19	1,4	R\$ 25.314,95	1,4	R\$ 25.802,38	1,3
1	14	R\$ 30.302,16	1,1	R\$ 30.419,70	1,1	R\$ 30.439,21	1,1	R\$ 30.919,72	1,0
2	10	R\$ 32.099,10	2,7	R\$ 31.965,27	2,7	R\$ 31.400,38	3,0	R\$ 32.753,07	2,6
2	11	R\$ 42.693,59	1,6	R\$ 42.226,40	1,7	R\$ 42.157,27	1,7	R\$ 43.112,25	1,6
2	12	R\$ 53.172,26	1,2	R\$ 53.183,28	1,3	R\$ 52.402,95	1,3	R\$ 54.160,29	1,2
2	13	R\$ 63.602,57	1,0	R\$ 63.625,47	1,0	R\$ 62.629,53	1,1	R\$ 63.848,49	1,0
2	14	R\$ 73.834,48	0,9	R\$ 73.580,34	0,9	R\$ 73.578,05	0,9	R\$ 74.072,81	0,8
3	10	R\$ 44.706,40	3,1	R\$ 44.195,73	3,2	R\$ 43.649,52	3,4	R\$ 45.999,51	2,9
3	11	R\$ 60.807,51	1,8	R\$ 59.867,52	1,9	R\$ 58.956,40	2,0	R\$ 62.419,10	1,7
3	12	R\$ 76.555,70	1,3	R\$ 74.439,33	1,4	R\$ 74.747,74	1,4	R\$ 77.688,49	1,3
3	13	R\$ 92.480,88	1,0	R\$ 90.837,27	1,1	R\$ 89.989,85	1,1	R\$ 92.753,76	1,0
3	14	R\$ 108.213,40	0,9	R\$ 106.937,25	0,9	R\$ 105.673,94	0,9	R\$ 108.372,98	0,9
4	10	R\$ 27.898,51	5,7	R\$ 26.878,18	5,9	R\$ 24.981,72	6,0	R\$ 29.541,23	5,4
4	11	R\$ 48.770,11	3,9	R\$ 47.684,54	4,0	R\$ 46.244,71	4,2	R\$ 50.123,87	3,6
4	12	R\$ 68.107,11	2,8	R\$ 67.867,84	2,8	R\$ 66.017,89	2,9	R\$ 70.461,52	2,6
4	13	R\$ 88.665,18	1,7	R\$ 86.784,62	1,7	R\$ 85.792,50	1,8	R\$ 90.879,64	1,5
4	14	R\$ 109.747,67	1,2	R\$ 108.909,94	1,2	R\$ 108.854,11	1,3	R\$ 111.661,95	1,0

Todos os dados do BLA foram positivos para as condições analisadas, o que pode garantir que o empreendedor que montar o módulo produtivo terá ganhos com a produção do coentro hidropônico. Para a profundidade de 20 m, assim como ocorreu com os dados do VPL, o aumento do valor percentual da BLA com a construção do segundo módulo, foi maior para 10 ciclos de produção em comparação com 14 ciclos, o segundo módulo promoveu um aumento do BLA de 231,14% para 10 ciclos de produção, e de 143,66% para 14 ciclos.

O incremento do BLA, para a profundidade de 20 m, com a construção do terceiro módulo, novamente, não foi um valor proporcional, o aumento foi de 39,27% para 10 ciclos e de 46,54% para 14 ciclos de produção com o uso da água de poço. O aumento dos custos resultou em um decréscimo do benefício do incremento do terceiro módulo tanto para a água de poço quanto para a água tratada. O acréscimo do terceiro módulo mostrou a tendência inversa do segundo em que o maior acréscimo foi para 14 ciclos de produção.

Com os valores do Payback Descontado, verificou-se que o pagamento do valor investido para todos os ciclos de produção analisados até 3 módulos de produção tem o tempo inferior a 5 anos. O quarto módulo elevou os valores do Payback Descontado, em comparação com 1 módulo de produção, resultado do aumento dos custos, principalmente da mão-de-obra.

Segundo Lefley (1996), o tempo gasto para o pagamento do investimento é considerado como Período de Retorno, nesse caso um tempo inferior ao planejado e ao tempo de vida útil do equipamento é um bom indicador de viabilidade, pois o projeto tem capacidade de pagamento do investimento inicial estipulado. Para todas as situações analisadas o Payback Descontado calculado foi inferior aos 10 anos planejados inicialmente como referência do projeto e tempo de duração da estrutura planejada.

Em comparação com outras culturas produzidas hidroponicamente, Lazo e Gonzabay (2020) mostraram que para a alface cultivada em Quito no Equador em uma estrutura de 1.000 m² o Payback seria de 3,0 anos, para o tomate segundo a Red Agrícola (2007) de 2,0 a 3,0 anos, valores próximos encontrados na análise dos dados do trabalho para o coentro. Leite et al. (2016) encontraram valores de Payback de 4,0 anos para a alface cultivada hidroponicamente, esses autores consideraram esse tempo como um indicador de retorno rápido do

investimento inicial. Como visto na Tabela 23, a maioria dos valores calculados para o Payback Descontado foi inferior aos 4 anos.

Os valores calculados mostraram que no planejamento realizado, o módulo hidropônico pode ser um negócio a ser implementado com alta probabilidade de viabilidade com o uso da água “doce”. Vale ressaltar que na análise como condição de contorno, considerou-se que um trabalhador tem condições de conduzir até três módulos de produção sem prejuízos à produção.

Nessa condição, o quarto módulo criaria a necessidade da contratação de mais um funcionário, elevando o custo com mão-de-obra. Como visto na Tabela 19, foi o principal custo de produção. Os dados mostraram que mesmo com a adição de mais um trabalhador, os indicadores mostraram a viabilidade para o quarto módulo (Tabela 23).

A alta probabilidade de viabilidade e o elevado valor da esperança do VPL é consequência dos preços de venda atrativos da cultura do coentro, fácil comercialização e excelente retorno econômico ao produtor na região Nordeste, onde a hortaliça já faz parte do hábito culinário e de consumo da população (Lago e Oliveira, 2016; Silva et al., 2018). Outro fator importante, como salientam Lazo e Gonzabay (2020), é que culturas convencionais necessitam de grandes áreas para se tornarem rentáveis, enquanto culturas produzidas de forma protegida, incluindo hidroponia, operam com eficiência em pequenas superfícies.

Como esperado, menores profundidades de bombeamento têm maiores valores do projeto e maior probabilidade de viabilidade, pois os custos necessários são inferiores. Nessa situação, a bomba requer menos potência e consequentemente tem menores custos de operação. A análise das diferentes profundidades mostrou que qualquer mudança no projeto influencia nos resultados dos indicadores econômicos.

Tabela 23: Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para a produção do coentro no módulo hidropônico planejado com água “doce” captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades até quatro módulos de produção para o mês de abril/2021.

Módulos	Ciclos	20 m		40 m		60 m		EMBASA	
		Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
1	10	75,88%	R\$ 29.709,40	74,82%	R\$ 28.280,28	70,02%	R\$ 22.456,32	77,30%	R\$ 30.909,44
1	11	90,24%	R\$ 57.869,30	90,72%	R\$ 57.745,93	87,14%	R\$ 51.275,74	91,52%	R\$ 60.129,35
1	12	97,48%	R\$ 87.829,34	97,22%	R\$ 86.548,84	96,30%	R\$ 80.860,28	98,00%	R\$ 89.758,94
1	13	99,98%	R\$ 117.377,82	99,98%	R\$ 117.227,02	99,84%	R\$ 110.439,87	100,00%	R\$ 120.175,87
1	14	100,00%	R\$ 147.194,56	100,00%	R\$ 145.898,68	100,00%	R\$ 139.506,46	100,00%	R\$ 148.575,94
2	10	95,56%	R\$ 130.782,47	95,14%	R\$ 127.853,57	91,74%	R\$ 113.077,62	96,06%	R\$ 132.785,12
2	11	99,86%	R\$ 187.977,78	99,56%	R\$ 187.554,04	98,76%	R\$ 173.030,01	99,98%	R\$ 194.482,94
2	12	100,00%	R\$ 247.539,38	100,00%	R\$ 245.641,37	100,00%	R\$ 230.542,34	100,00%	R\$ 253.454,18
2	13	100,00%	R\$ 306.882,38	100,00%	R\$ 304.057,85	100,00%	R\$ 291.150,85	100,00%	R\$ 310.541,47
2	14	100,00%	R\$ 365.924,16	100,00%	R\$ 363.000,26	100,00%	R\$ 349.082,91	100,00%	R\$ 370.115,66
3	10	93,04%	R\$ 174.815,64	92,40%	R\$ 172.665,04	88,62%	R\$ 148.437,90	94,34%	R\$ 183.562,86
3	11	99,06%	R\$ 265.396,96	98,70%	R\$ 259.640,26	97,08%	R\$ 238.784,45	99,40%	R\$ 270.364,87
3	12	100,00%	R\$ 354.287,00	100,00%	R\$ 346.950,10	99,96%	R\$ 322.302,80	100,00%	R\$ 360.112,33
3	13	100,00%	R\$ 438.107,55	100,00%	R\$ 436.288,53	100,00%	R\$ 414.351,19	100,00%	R\$ 448.762,49
3	14	100,00%	R\$ 528.687,30	100,00%	R\$ 521.851,98	100,00%	R\$ 499.942,91	100,00%	R\$ 537.856,36
4	10	60,44%	R\$ 53.089,22	60,40%	R\$ 46.950,76	57,70%	R\$ 36.215,60	62,56%	R\$ 54.095,87
4	11	83,08%	R\$ 170.270,76	80,46%	R\$ 164.549,35	80,36%	R\$ 154.346,53	83,18%	R\$ 173.065,04
4	12	93,32%	R\$ 283.702,24	92,92%	R\$ 282.979,03	92,48%	R\$ 277.655,05	93,26%	R\$ 284.492,08
4	13	98,68%	R\$ 401.328,54	98,54%	R\$ 399.129,93	98,50%	R\$ 391.626,57	98,88%	R\$ 397.100,39
4	14	100,00%	R\$ 513.999,31	100,00%	R\$ 511.253,18	100,00%	R\$ 509.360,65	100,00%	R\$ 516.729,91

A Taxa Interna de Retorno, também se mostrou superior aos 12%, da Taxa Mínima de Retorno utilizada na análise, referente ao valor indicado pelo Banco Mundial (Tabela 24). A TIR mostrou o mesmo comportamento do BLA anual em que o terceiro módulo apresentou um decréscimo dos valores de TIR em relação ao segundo módulo.

Os parâmetros do BLA, Payback Descontado e TIR mostraram que o acréscimo do terceiro módulo não proporcionou os mesmos benefícios do acréscimo do segundo módulo. Isso é decorrência da elevação dos custos que impactam na diretamente nessa situação. Por outro, um quarto módulo apresenta redução do resultado, sobretudo por representar mão-de-obra ociosa.

Tabela 24: Valor da Taxa Interna de Retorno (TIR) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” bombeada do poço, para os ciclos de produção planejados para o mês de abril/2021.

Módulo	Ciclos	Água de poço			EMBASA
		20 m	40 m	60 m	
1	10	29,00%	28,02%	26,91%	30,35%
1	11	49,93%	48,59%	47,21%	51,65%
1	12	69,81%	68,08%	66,36%	71,93%
1	13	89,34%	87,20%	85,14%	91,89%
1	14	108,74%	106,19%	103,78%	111,73%
2	10	55,15%	53,17%	51,34%	57,40%
2	11	74,91%	72,55%	70,40%	77,58%
2	12	94,41%	91,64%	89,15%	97,51%
2	13	113,81%	110,62%	107,78%	117,34%
2	14	133,15%	129,55%	126,35%	137,13%
3	10	50,64%	48,27%	46,15%	53,26%
3	11	70,51%	67,78%	65,35%	73,52%
3	12	90,05%	86,92%	84,15%	93,48%
3	13	109,45%	105,92%	102,80%	113,32%
3	14	128,81%	124,85%	121,38%	133,12%
4	10	16,25%	14,58%	12,86%	18,24%
4	11	38,81%	37,60%	35,92%	40,21%
4	12	59,19%	58,20%	56,34%	60,32%
4	13	78,94%	78,13%	76,04%	80,87%
4	14	98,48%	97,84%	95,50%	100,41%

Para a alface, Leite et al. (2016) encontraram uma TIR de 34,26% para um horizonte de planejamento de 12 anos, Lazo e Gonzabay (2020) encontraram o valor de TIR de 40% para a mesma cultura em um horizonte de 10 de planejamento, mesmo tempo utilizado na análise do trabalho.

A TIR representa o rendimento de um investimento por ser uma técnica de fluxo de caixa descontado que leva em conta a magnitude e o tempo dos fluxos de caixa e não de qualquer fator externo, representando a verdadeira taxa de juros auferida por qualquer investimento ao longo de sua vida econômica para financiar um projeto sem causar danos aos acionistas (Agbeyeye, 2019). Percebe-se que em nenhuma situação a TIR calculada se mostrou inferior a Taxa Mínima de Retorno utilizada no trabalho de 12% ao ano, o que mostra a segurança econômica de um empreendimento hidropônico do ponto de vista desse indicador econômico.

A análise de sensibilidade da viabilidade do investimento mostrou que a variável que tem maior impacto nos valores do VPL foi o preço de revenda. Vale ressaltar a Figura 4 mostra a análise de sensibilidade para 12 ciclos de produção e 1 módulo construído, condição que mais se espera, sendo que as outras situações analisadas no trabalho apresentaram o mesmo comportamento.

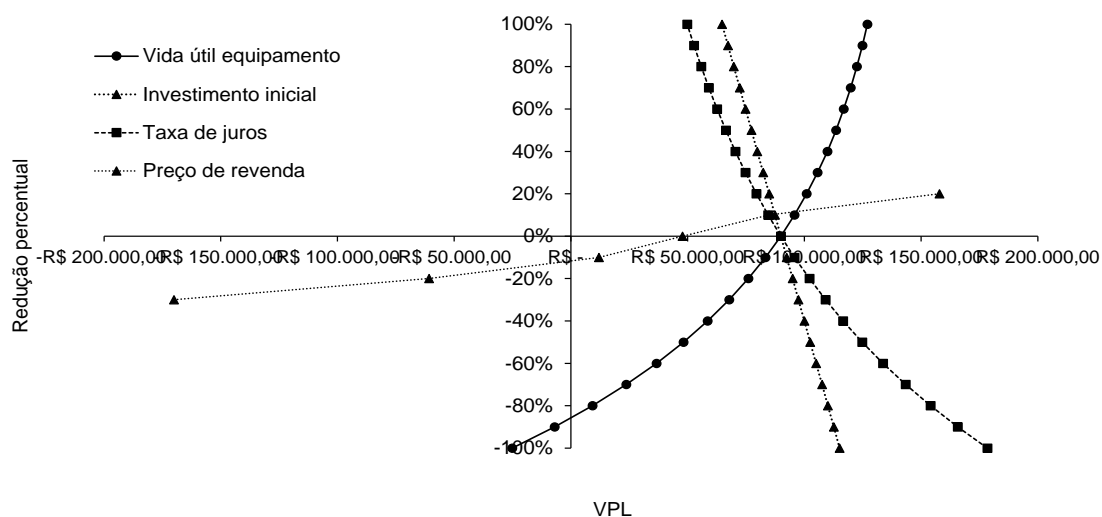


Figura 4: Análise de sensibilidade da viabilidade de um módulo de produção variando os indicadores do Payback Descontado, BLA e TIR para o mês de abril/2021.

4.4. Produção do coentro hidropônico com uso direto da água salobra

Stuyfzand e Raat (2010) mostraram que a utilização de água salobra em áreas com escassez de água pode economizar dinheiro e esforço no transporte de água de áreas com água abundante. A disponibilidade hídrica nos poços da Região Semiárida tem como problema recorrente a alta condutividade elétrica da água (CE_a), com valores que comprometem a produção, devido aos problemas fisiológicos que os sais concentrados causam às plantas, os quais ocasionam a redução da produção total.

Como visto na Tabela 16 o maior percentual de poços na Região Semiárida tem condutividade elétrica até $5,0 \text{ dS m}^{-1}$: 84,60% dos poços do Semiárido Baiano segundo dados dos CPRM (2020). Com os valores de condutividade elétrica da água (CE_a) de 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 até $5,0 \text{ dS m}^{-1}$, a perda de produção estimada em 7,09%, 14,16%, 21,24%, 28,32% e 35,40% respectivamente com base na Equação 15.

Os indicadores podem variar de acordo a situação que o produtor tem em sua propriedade, não é possível abarcar todas essas variáveis, porém foram escolhidas situações de acordo com os parâmetros escolhidos na metodologia, tentando simular diferentes situações encontradas pelo produtor. É possível verificar a variação dos índices de viabilidade econômica e dos custos de produção de acordo com cada situação.

Variando a profundidade de bombeamento da água do poço e fornecimento de energia elétrica pela empresa local

A variação da profundidade de bombeamento de 20, 40 e 60 m implica diretamente na variação dos custos de energia elétrica e na escolha da bomba que foi utilizada no poço.

Custo unitário de produção

Para a situação de 20 m, a bomba escolhida foi a Ebara 3BPS2/7 com 0,33 cv com dois fios de entrada monofásica no valor de R\$ 740,00. O gerador escolhido foi de 4,5 Kva no valor de R\$ 5.247,99. O fio escolhido para bombeamento na rede monofásica da COELBA de 2,5 mm com 40 m de fio simples no valor de R\$ 43,93. Nessa situação a bomba demanda menos

potência e conseqüentemente diminui o custo com a energia elétrica e aquisição inicial do material com o custo de construção do módulo igual a R\$ 136,50 m².

Na profundidade de 40 m a bomba escolhida foi a Ebara 3BPS2/10 com 0,51 cv com dois fios de entrada monofásica no valor de R\$ 845,00. O gerador escolhido foi de 5,0 Kva no valor de R\$ 5.500,00 com o mesmo fio de 2,5 mm e 60 m de comprimento no valor de R\$ 65,94 com o valor do m² para a construção do módulo é igual a R\$ 138,20.

A profundidade de 60 m tem a bomba Ebara 3BPS2/14 com 0,76 cv com dois fios de entrada monofásica no valor de R\$ 970,00. Nessa situação o gerador selecionado foi de 5,8 Kva de potência no valor de R\$ 5.779,22, com o fio de 2,5 mm com 80 m de comprimento no valor de R\$ 109,90. Nessa situação o valor do m² do módulo foi de R\$ 140,44.

A análise dos valores do custo unitário de produção (Tabela 25) mostrou que para as maiores condutividades elétricas da água (CE_a) o valor é superior ao maior valor esperado para venda do coentro hidropônico no mercado. No estudo o custo unitário não variou com as diferentes profundidades de bombeamento. Infere-se que a quantidade de maços produzidos permite uma economia de escala, em que o aumento dos custos pela variação da profundidade não elevou o valor do custo unitário.

Tabela 25. Custo unitário anual do coentro hidropônico de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE_a) para um módulo de produção para o mês de abril/2021.

	Condutividade elétrica da água				
	1,0 dS m⁻¹	2,0 dS m⁻¹	3,0 dS m⁻¹	4,0 dS m⁻¹	5,0 dS m⁻¹
10 ciclos	R\$ 1,06	R\$ 1,15	R\$ 1,26	R\$ 1,39	R\$ 1,56
11 ciclos	R\$ 0,97	R\$ 1,05	R\$ 1,15	R\$ 1,28	R\$ 1,43
12 ciclos	R\$ 0,90	R\$ 0,97	R\$ 1,07	R\$ 1,18	R\$ 1,32
13 ciclos	R\$ 0,83	R\$ 0,91	R\$ 0,99	R\$ 1,10	R\$ 1,23
14 ciclos	R\$ 0,76	R\$ 0,85	R\$ 0,93	R\$ 1,03	R\$ 1,14

Como é esperado alguns custos são diluídos com a construção do segundo módulo de produção, como a mão-de-obra e apesar do incremento de

custos como a energia elétrica o acréscimo do segundo diminuiu o valor do preço unitário anual do coentro produzido (Tabela 26). O acréscimo do segundo módulo não provoca uma redução linear no preço unitário anual e sim uma redução média de 43,58% para todas as situações analisadas. A construção do terceiro módulo provocaria a redução de 11,33% em relação ao segundo módulo, percebendo-se que o benefício se reduz com o acréscimo dos módulos produtivos. O acréscimo do quarto módulo não provocou redução nem acréscimo em relação ao terceiro módulo produtivo.

Tabela 26: Custo unitário anual para produção do coentro hidropônico de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE_a) para dois módulos de produção para o mês de abril/2021.

	Condutividade elétrica da água				
	1,0 dS m⁻¹	2,0 dS m⁻¹	3,0 dS m⁻¹	4,0 dS m⁻¹	5,0 dS m⁻¹
10 ciclos	R\$ 0,60	R\$ 0,65	R\$ 0,71	R\$ 0,79	R\$ 0,88
11 ciclos	R\$ 0,55	R\$ 0,60	R\$ 0,65	R\$ 0,72	R\$ 0,81
12 ciclos	R\$ 0,51	R\$ 0,55	R\$ 0,60	R\$ 0,67	R\$ 0,75
13 ciclos	R\$ 0,47	R\$ 0,51	R\$ 0,56	R\$ 0,62	R\$ 0,70
14 ciclos	R\$ 0,44	R\$ 0,48	R\$ 0,53	R\$ 0,59	R\$ 0,66

Probabilidade de viabilidade e Valor Presente Líquido (VPL)

Para a probabilidade de viabilidade percebe-se que para 10 ciclos de produção já não é viável produzir nem com a água com condutividade de 1,0 dS m⁻¹, para qualquer profundidade de bombeamento (Tabela 27), o que ressalta a importância da qualificação do produtor para o sucesso da produção hidropônica. Contudo os resultados demonstraram que é possível produzir com água salobra com maiores níveis de condutividade elétrica, quando se tem mais ciclos de produção, evidenciando que o treinamento para a produção hidropônica permite o uso da água salobra sem necessidade de uso de equipamentos de dessalinização.

Com os valores do VPL foi possível, ainda, determinar a condutividade elétrica que zerou o valor do mesmo, ou seja, o limite da CE_a em que é possível

produzir para que haja viabilidade no empreendimento (Figura 5). Para 10 ciclos de produção não foi possível determinar esse limiar, pois para a condutividade de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ não houve viabilidade. Para os demais ciclos a condutividade limiar foi demonstrada na Tabela 33, ressaltando que o aumento dos ciclos implicou positivamente no aumento da condutividade elétrica da água que zerou o VPL.

Tabela 27. Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para um módulo de produção do coentro hidropônico planejado com uso água salobra, em diferentes números de ciclos de produção anuais para as profundidades de 20, 40 e 60 m de bombeamento do poço para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
1,0	1	10	40,32%	-R\$ 8.117,23	38,78%	-R\$ 8.548,41	38,60%	-R\$ 8.758,33
1,0	1	11	66,22%	R\$ 20.461,01	65,74%	R\$ 17.133,03	65,12%	R\$ 16.938,82
1,0	1	12	85,48%	R\$ 44.739,07	84,70%	R\$ 43.579,30	82,90%	R\$ 42.856,18
1,0	1	13	94,18%	R\$ 69.249,16	93,58%	R\$ 67.937,48	93,14%	R\$ 67.385,41
1,0	1	14	98,72%	R\$ 95.605,42	98,50%	R\$ 95.590,48	98,30%	R\$ 94.384,40
2,0	1	10	19,46%	-R\$ 28.394,80	19,10%	-R\$ 30.331,73	18,10%	-R\$ 30.862,88
2,0	1	11	42,60%	-R\$ 6.034,88	40,48%	-R\$ 6.038,63	40,36%	-R\$ 7.118,41
2,0	1	12	66,80%	R\$ 18.545,57	64,70%	R\$ 17.422,31	63,02%	R\$ 16.392,61
2,0	1	13	82,38%	R\$ 41.919,94	81,56%	R\$ 40.988,65	81,26%	R\$ 39.903,95
2,0	1	14	92,22%	R\$ 63.994,27	91,80%	R\$ 63.741,24	91,58%	R\$ 62.648,72
3,0	1	10	4,78%	-R\$ 51.293,82	4,20%	-R\$ 51.650,13	3,98%	-R\$ 52.698,37
3,0	1	11	19,36%	-R\$ 29.944,82	19,26%	-R\$ 31.204,93	18,18%	-R\$ 31.777,05
3,0	1	12	39,48%	-R\$ 8.593,51	39,12%	-R\$ 9.353,58	36,76%	-R\$ 9.887,04
3,0	1	13	61,84%	R\$ 12.464,79	60,18%	R\$ 12.127,65	59,72%	R\$ 10.968,73
3,0	1	14	78,24%	R\$ 33.629,83	77,88%	R\$ 32.975,93	76,50%	R\$ 32.058,05
4,0	1	10	0,00%	-R\$ 74.217,93	0,02%	-R\$ 74.408,02	0,00%	-R\$ 75.300,99
4,0	1	11	3,30%	-R\$ 54.490,98	3,22%	-R\$ 55.390,81	3,04%	-R\$ 56.514,70
4,0	1	12	15,20%	-R\$ 35.608,00	14,46%	-R\$ 35.786,98	14,00%	-R\$ 36.386,96
4,0	1	13	31,14%	-R\$ 15.453,90	31,70%	-R\$ 16.346,34	30,36%	-R\$ 17.326,49
4,0	1	14	50,24%	R\$ 2.374,73	50,06%	R\$ 1.706,35	49,36%	R\$ 1.674,42

(Conclusão)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
5,0	1	11	0,00%	-R\$ 78.634,91	0,00%	-R\$ 79.434,60	0,00%	-R\$ 79.939,97
5,0	1	12	1,16%	-R\$ 62.631,31	0,78%	-R\$ 62.676,07	0,50%	-R\$ 63.421,73
5,0	1	13	8,10%	-R\$ 45.170,92	8,08%	-R\$ 45.021,62	7,64%	-R\$ 46.875,10
5,0	1	14	21,44%	-R\$ 28.177,71	20,50%	-R\$ 28.966,74	18,90%	-R\$ 26.262,29

Tabela 28. Condutividade elétrica da água que zera o VPL para as profundidades de bombeamento de 20, 40 e 60 m para os diferentes ciclos de produção analisados no mês de abril/2021.

Profundidade (m)	Ciclos	CEa limite (dS m ⁻¹)
20	11	1,79
20	12	2,68
20	13	3,44
20	14	4,08
40	11	1,72
40	12	2,65
40	13	3,42
40	14	4,06
60	11	1,70
60	12	2,62
60	13	3,38
60	14	4,03

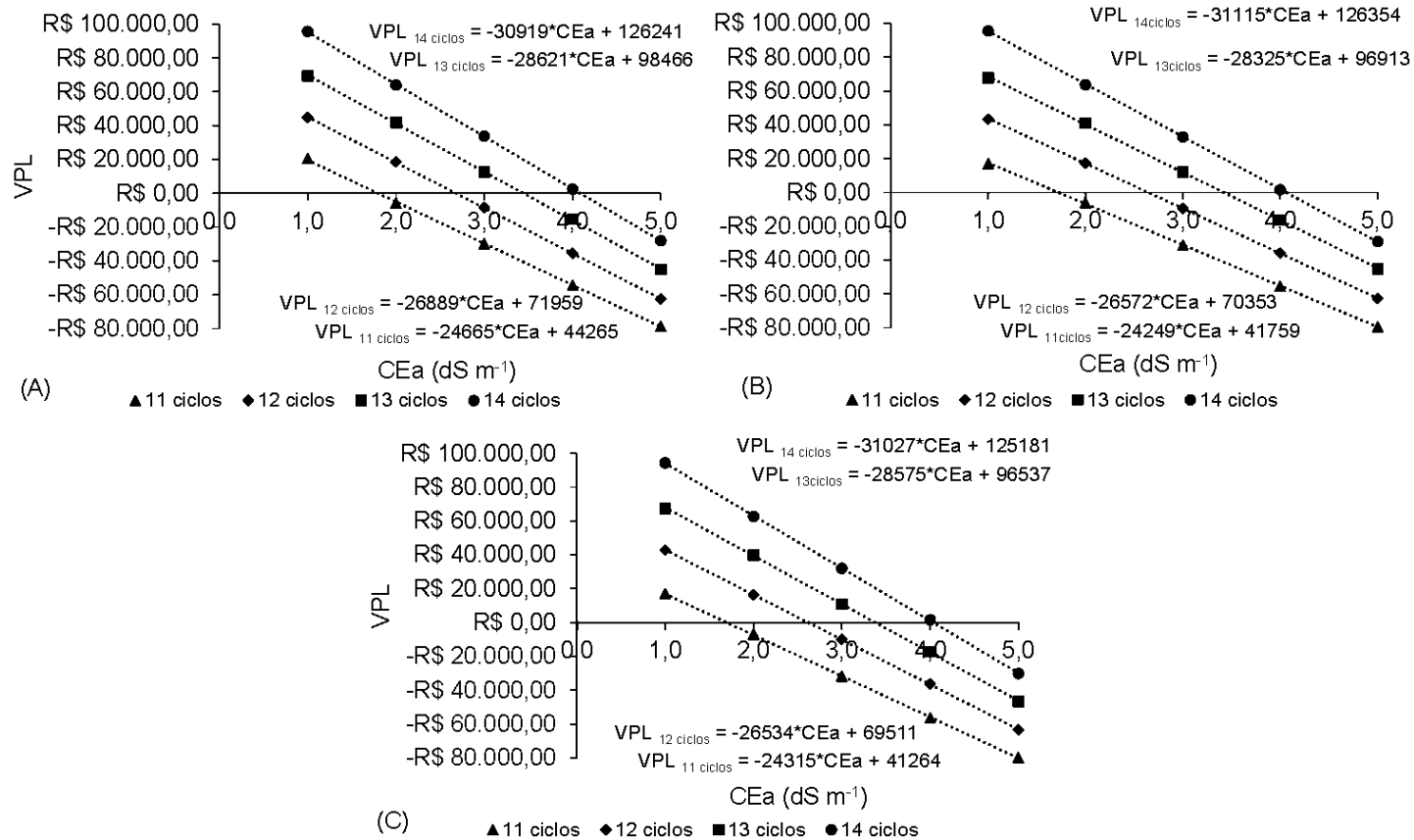


Figura 5: Regressão dos valores do VPL para a profundidades de 20 m (A), 40 m (B) e 60 m (C) com as condutividades elétricas da água de 1,0 a 5,0 dSm⁻¹, para o mês de abril/2021.

Nas condições analisadas percebeu-se que a partir da condutividade elétrica de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ não é mais viável no módulo planejado mesmo para 12 ciclos de produção e a partir de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ somente para 14 ciclos de produção (Tabela 27). Valor próximo ao encontrado por Zhai et al. (2015) que estudou os efeitos da irrigação com água salobra na produtividade, qualidade do tomate, com diferentes níveis de salinidade. A análise econômica indicou que o valor limite de CE_a acima do qual o valor da produção do tomate diminuiu linearmente com o aumento da salinidade foi de $3,3 \text{ dS m}^{-1}$.

Estudos que vêm sendo, recorrentemente, realizados em hidroponia mostram que a técnica é capaz de mitigar os efeitos negativos dos sais nas plantas. A utilização de água com maior condutividade se mostra viável do ponto fisiológico vegetal, como mostrou Silva et al. (2018) para a produção do coentro. A viabilidade do projeto foi influenciada pelo número de ciclos de produção, porém o maior destaque, nesse caso, é para a condutividade elétrica da água (CE_a). Mesmo que a hidroponia possibilite o uso de águas mais salobras tecnicamente na produção, economicamente não é viável em função das perdas decorrentes dos danos fisiológicos da salinidade nas plantas a depender da situação analisada.

A produção com dois módulos de produção, permitiram o aumento dos valores de probabilidade e VPL, com a diluição do principal custo: a mão-de-obra (Tabela 29). Porém o benefício do incremento de mais um módulo não é proporcional, o benefício do segundo módulo aumento com o aumento da condutividade elétrica e de acordo com o ciclo de produção de cada situação analisada (Tabela 30). A construção de dois módulos aumentou a folga do uso da água salobra, com o aumento da condutividade elétrica da água limite que zerou o VPL (Tabela 31).

Tabela 29. Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para dois módulos de produção do coentro hidropônico planejada com uso água salobra, em diferentes números de ciclos de produção anuais para as profundidades de 20, 40 e 60 m de bombeamento do poço, para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
1,0	2	10	78,82%	R\$ 58.528,75	78,64%	R\$ 57.434,16	76,66%	R\$ 54.272,56
1,0	2	11	93,00%	R\$ 109.568,16	92,44%	R\$ 108.548,98	91,80%	R\$ 106.531,46
1,0	2	12	98,66%	R\$ 160.419,26	98,54%	R\$ 158.786,63	98,16%	R\$ 156.191,95
1,0	2	13	100,00%	R\$ 211.986,63	100,00%	R\$ 210.550,03	100,00%	R\$ 208.780,89
1,0	2	14	100,00%	R\$ 264.737,16	100,00%	R\$ 263.904,44	100,00%	R\$ 259.951,58
2,0	2	10	57,82%	R\$ 14.960,34	55,94%	R\$ 13.397,81	54,74%	R\$ 11.175,27
2,0	2	11	78,70%	R\$ 62.058,84	78,40%	R\$ 59.465,22	77,88%	R\$ 58.604,67
2,0	2	12	91,88%	R\$ 105.858,22	91,72%	R\$ 105.694,60	91,42%	R\$ 104.871,64
2,0	2	13	97,78%	R\$ 154.900,92	97,66%	R\$ 153.297,23	97,44%	R\$ 152.408,78
2,0	2	14	99,92%	R\$ 202.357,40	99,90%	R\$ 200.666,15	99,86%	R\$ 197.041,36
3,0	2	10	31,62%	-R\$ 28.872,90	29,96%	-R\$ 30.725,10	28,06%	-R\$ 34.535,41
3,0	2	11	55,22%	R\$ 12.907,66	54,50%	R\$ 10.983,59	53,24%	R\$ 9.165,98
3,0	2	12	77,14%	R\$ 55.462,25	76,94%	R\$ 52.962,82	75,36%	R\$ 50.383,97
3,0	2	13	89,30%	R\$ 96.276,63	88,66%	R\$ 95.668,91	87,26%	R\$ 94.449,13
3,0	2	14	96,60%	R\$ 139.774,56	95,58%	R\$ 138.485,62	95,48%	R\$ 136.078,30
4,0	2	10	9,80%	-R\$ 73.343,97	8,96%	-R\$ 75.378,83	8,64%	-R\$ 78.291,72
4,0	2	11	26,68%	-R\$ 36.228,50	25,80%	-R\$ 37.358,98	25,64%	-R\$ 38.532,34
4,0	2	12	49,36%	R\$ 3.468,60	48,52%	R\$ 1.681,45	46,72%	-R\$ 1.368,96
4,0	2	13	70,62%	R\$ 38.400,30	69,82%	R\$ 37.562,30	68,88%	R\$ 36.559,55
4,0	2	14	83,58%	R\$ 77.882,78	83,20%	R\$ 75.247,33	82,14%	R\$ 74.692,92

(Conclusão)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
5,0	2	10	0,00%	-R\$ 119.001,27	0,00%	-R\$ 119.569,00	0,00%	-R\$ 121.997,85
5,0	2	11	6,36%	-R\$ 83.981,57	5,96%	-R\$ 85.904,47	53,24%	-R\$ 88.027,38
5,0	2	12	19,72%	-R\$ 51.412,98	18,80%	-R\$ 53.252,49	17,92%	-R\$ 54.124,08
5,0	2	13	37,86%	-R\$ 18.443,36	36,60%	-R\$ 19.664,97	35,14%	-R\$ 21.359,94
5,0	2	14	57,28%	R\$ 15.340,36	55,94%	R\$ 14.382,85	54,52%	R\$ 12.049,43

Tabela 30. Incremento do valor do VPL de acordo com os ciclos de produção, adicionando o segundo módulo de produção para a profundidades de 20, 40 e 60 m de acordo com a condutividade elétrica da água utilizada (CE_a).

(Continua)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m	40 m	60 m
			Incremento (%)	Incremento (%)	Incremento (%)
1,0	2	10	621%	572%	520%
1,0	2	11	186%	235%	220%
1,0	2	12	145%	149%	149%
1,0	2	13	132%	134%	132%
1,0	2	14	122%	120%	121%
2,0	2	10	153%	144%	136%
2,0	2	11	1128%	1085%	923%
2,0	2	12	235%	241%	258%
2,0	2	13	153%	158%	163%
2,0	2	14	142%	140%	143%

(Conclusão)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m	40 m	60 m
			Incremento (%)	Incremento (%)	Incremento (%)
3,0	2	10	-	-	-
3,0	2	12	745%	666%	610%
3,0	2	13	345%	337%	359%
3,0	2	14	186%	190%	195%
4,0	2	10	-	-	-
4,0	2	11	-	-	-
4,0	2	12	110%	105%	96%
4,0	2	13	348%	330%	311%
4,0	2	14	1517%	2101%	2083%
5,0	2	10	-	-	-
5,0	2	11	-	-	-
5,0	2	12	-	-	-
5,0	2	13	-	-	-
5,0	2	14	154%	150%	146%

Tabela 31. Condutividade elétrica da água que zera o VPL para as profundidades de bombeamento de 20, 40 e 60 m para os diferentes ciclos de produção analisados no mês de abril/2021, para dois módulos de produção.

Profundidade (m)	Ciclos	CEa limite (dS m⁻¹)
20	10	2,33
20	11	3,27
20	12	4,04
20	13	4,67
20	14	5,25
40	10	2,31
40	11	3,23
40	12	4,01
40	13	4,66
40	14	5,22
60	10	2,23
60	11	3,20
60	12	3,97
60	13	4,63
60	14	5,20

O incremento do número de módulos de produção aumenta o valor do investimento inicial, contudo tem impacto essencial para o aumento da viabilidade por dissolver alguns custos, principalmente, da mão-de-obra, já que o mesmo trabalhador conduz a produção em mais módulos com coentro. Nesse sentido permite a maior viabilidade do módulo de acordo com as condições fixadas. Com os dois módulos de produção foi possível produzir com águas com maior condutividade elétrica como mostrado na Tabela 29, porém são necessários mais ciclos de produção. Vale ressaltar que foi realizada a análise com três módulos de produção com o comportamento dos dados semelhante aos com dois módulos.

Os dados mostraram que o maior incremento do valor do VPL foi para a condutividade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ com 11 ciclos de produção, sendo essa a condutividade elétrica da água em que o segundo módulo traria mais benefícios ao produtor hidropônico na situação analisada.

Os valores de probabilidades de viabilidade e do VPL reduziram em relação ao uso de água 'doce' como já era esperado. Porém, mesmo com as perdas a produção hidropônica no módulo planejado ainda é viável se bem planejado e com qualificação profissional, principalmente quando se diluem custos de produção. Como ratificam Souza et al. (2019), a produção hidropônica possui especificações técnicas especiais, portanto, precisa ser monitorada por especialistas.

Continuando com a análise de viabilidade, obtiveram-se os valores do Benefício Líquido Anual (BLA) esperados com a construção de um e dois módulos de produção. Analisando os valores d BLA para um módulo de produção, constatou-se que esse indicador só apresentou valores negativos a partir da condutividade elétrica de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ com 10 ciclos de produção e de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ com dois módulos (Tabela 32). A condutividade elétrica da água de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ tem valores negativos para todos os ciclos de produção, o que mostra que para este nível de salinidade em um módulo de produção, mesmo com maior capacitação, não é possível auferir benefício positivo.

Tabela 32. Esperança do valor do Balanço Líquido Anual (BLA) para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso água salobra com diferentes níveis de condutividade elétrica e ciclos de produção anuais para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	BLA 20 m		BLA 40 m		BLA 60 m	
		1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
1,0	10	R\$ 3.257,00	R\$ 19.682,22	R\$ 3.117,45	R\$ 19.198,26	R\$ 3.083,11	R\$ 18.813,96
1,0	11	R\$ 7.842,62	R\$ 28.391,37	R\$ 7.743,81	R\$ 28.147,35	R\$ 7.691,93	R\$ 27.828,12
1,0	12	R\$ 12.223,91	R\$ 37.681,32	R\$ 12.154,92	R\$ 37.162,38	R\$ 12.121,22	R\$ 36.787,80
1,0	13	R\$ 16.984,41	R\$ 46.729,63	R\$ 16.774,92	R\$ 46.436,49	R\$ 16.566,75	R\$ 46.191,24
1,0	14	R\$ 21.572,21	R\$ 56.007,43	R\$ 21.205,50	R\$ 55.742,91	R\$ 21.067,58	R\$ 55.251,55
2,0	10	-R\$ 745,26	R\$ 11.696,26	-R\$ 763,40	R\$ 11.402,94	-R\$ 901,29	R\$ 11.236,35
2,0	11	R\$ 3.584,46	R\$ 19.942,42	R\$ 3.372,94	R\$ 19.706,30	R\$ 3.341,82	R\$ 19.458,56
2,0	12	R\$ 7.668,50	R\$ 28.085,81	R\$ 7.598,51	R\$ 27.791,01	R\$ 7.499,48	R\$ 27.664,64
2,0	13	R\$ 11.781,90	R\$ 36.323,85	R\$ 11.692,65	R\$ 36.064,94	R\$ 11.523,76	R\$ 35.836,69
2,0	14	R\$ 15.943,03	R\$ 44.231,13	R\$ 15.662,75	R\$ 44.093,88	R\$ 15.534,44	R\$ 43.973,94
3,0	10	-R\$ 4.644,55	R\$ 3.953,34	-R\$ 4.673,93	R\$ 3.781,47	-R\$ 4.722,84	R\$ 3.263,12
3,0	11	-R\$ 840,10	R\$ 11.852,94	-R\$ 915,51	R\$ 11.413,38	-R\$ 990,44	R\$ 11.278,71
3,0	12	R\$ 2.936,59	R\$ 18.612,06	R\$ 2.815,70	R\$ 18.267,53	R\$ 2.753,27	R\$ 18.120,42
3,0	13	R\$ 6.635,71	R\$ 26.079,34	R\$ 6.690,31	R\$ 25.953,84	R\$ 6.498,76	R\$ 25.752,39
3,0	14	R\$ 10.537,70	R\$ 34.062,34	R\$ 10.369,00	R\$ 33.548,47	R\$ 10.239,05	R\$ 33.043,03
4,0	10	-R\$ 8.482,73	-R\$ 4.229,81	-R\$ 8.566,67	-R\$ 4.445,79	-R\$ 8.643,30	-R\$ 4.530,49
4,0	11	-R\$ 5.161,90	R\$ 2.638,31	-R\$ 5.241,21	R\$ 2.414,48	-R\$ 5.308,67	R\$ 1.982,51
4,0	12	-R\$ 1.796,91	R\$ 9.389,45	-R\$ 1.836,86	R\$ 9.271,20	-R\$ 1.948,88	R\$ 8.967,18
4,0	13	R\$ 1.603,70	R\$ 16.091,28	R\$ 1.596,55	R\$ 16.064,98	R\$ 1.482,33	R\$ 15.798,23
4,0	14	R\$ 5.022,36	R\$ 22.684,45	R\$ 4.833,69	R\$ 22.382,35	R\$ 4.704,41	R\$ 22.174,23
5,0	10	-R\$ 12.464,36	-R\$ 11.993,66	-R\$ 12.511,63	-R\$ 12.262,68	-R\$ 12.558,38	-R\$ 12.420,80

(Conclusão)

CE _a	Ciclos	BLA 20 m		BLA 40 m		BLA 60 m	
		1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
5,0	11	-R\$ 9.501,93	-R\$ 6.086,15	-R\$ 9.543,54	-R\$ 6.160,57	-R\$ 9.590,76	-R\$ 6.294,40
5,0	12	-R\$ 6.514,60	R\$ 109,06	-R\$ 6.534,06	-R\$ 137,69	-R\$ 6.612,79	-R\$ 616,26
5,0	13	-R\$ 3.556,34	R\$ 5.991,46	-R\$ 3.585,76	R\$ 5.860,54	-R\$ 3.601,85	R\$ 5.541,74
5,0	14	-R\$ 403,52	R\$ 11.797,06	-R\$ 634,99	R\$ 11.646,83	-R\$ 655,23	R\$ 11.310,88

A produção com água salobra permitiu geração de receita anual com água com condutividade elétrica até $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ com 12 ou mais ciclos de produção. A adição do segundo módulo aumentou a segurança do uso da água até essa condutividade. Isso é importante como já se discutiu no trabalho para a região onde não se tem muitas oportunidades de criação de renda e sobretudo disponibilidade de água de qualidade para a produção de alimento. Nesse sentido esse tipo de cultivo pode ser usado como política pública de geração de emprego e renda, além da possibilidade de aumento da oferta desse alimento para consumo.

Continuando a análise, notou-se que o uso direto da água salobra resultou no aumento do tempo necessário do Payback Descontado em relação ao uso da água “doce”. Seguindo a mesma tendência das outras variáveis, o aumento do número de ciclos diminuiu o impacto do uso da água com maior condutividade elétrica. Em algumas situações, o valor do Payback Descontado superou o valor dos 10 anos do horizonte de planejamento do projeto, o que não é bom indicador de viabilidade (Tabela 33). O segundo módulo reduz o tempo calculado para o Payback Descontado, mesmo com o aumento do investimento inicial e dos custos de produção.

Tabela 33. Esperança do valor do Payback Descontado (PD) em anos para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso água salobra com diferentes níveis de condutividade elétrica e ciclos de produção anuais para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	PD 20 m		PD 40 m		PD 60 m	
		1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
1,0	10	7,9	4,7	7,9	4,7	8,1	4,8
1,0	11	5,4	3,1	5,4	3,2	5,6	3,4
1,0	12	4,0	1,9	4,0	1,9	4,0	2,0
1,0	13	2,8	1,4	2,8	1,4	2,8	1,5
1,0	14	1,7	1,1	1,7	1,2	1,8	1,2
2,0	10	10,3	6,6	10,4	6,7	10,3	7,0
2,0	11	7,9	4,5	7,9	4,6	7,7	4,7
2,0	12	5,6	3,2	5,7	3,3	5,6	3,2
2,0	13	4,0	2,0	4,0	2,1	4,0	2,1
2,0	14	1,7	1,5	1,8	1,5	3,1	1,6
3,0	10	13,7	9,4	13,8	9,6	14,0	9,8
3,0	11	9,8	6,8	10,5	6,9	9,9	7,0
3,0	12	8,0	4,7	8,1	5,2	8,1	4,8
3,0	13	5,9	3,4	6,1	3,5	6,1	3,7
3,0	14	4,4	2,5	4,4	2,5	4,5	2,6
4,0	10	22,8	12,4	23,0	12,4	23,4	12,7
4,0	11	15,3	9,9	15,4	10,2	14,8	10,1
4,0	12	10,7	7,4	10,9	7,4	11,1	7,3
4,0	13	8,8	5,4	9,1	5,4	9,1	5,4
4,0	14	7,0	4,1	7,0	4,1	7,1	4,2
5,0	10	-	19,6	-	19,7	-	20,9

(Conclusão)

CE_a	Ciclos	PD 20 m		PD 40 m		PD 60 m	
		1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
5,0	11	28,1	13,4	31,4	13,9	28,7	13,7
5,0	13	12,3	8,7	12,1	8,7	11,8	9,0
5,0	14	9,9	6,5	9,9	6,6	10,0	6,6

As maiores condutividades elétricas da água impactaram na perda esperada de produção de forma que o tempo de retorno do investimento foi muito próximo ou superior ao tempo de vida útil da estrutura planejada, o que não se mostrou interessante do ponto de vista da análise econômica. Para dois módulos, o cenário é mais favorável devido à diluição dos custos e aumento da receita. Em valores absolutos o acréscimo do Payback pode parecer irrelevante na análise do investimento, porém quando pensado em valores percentuais verificou-se que o acréscimo da condutividade elétrica da água na produção direta dobrou o tempo de Payback a partir da condutividade elétrica da água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$.

O acréscimo do segundo módulo nas condições estudadas se mostrou vantajoso economicamente, com o aumento do BLA anual e redução do Payback Descontado, porém o acréscimo do terceiro módulo não mostrou os mesmos benefícios em análises realizadas durante o estudo.

A TIR com uso direto com água salobra (Tabela 34) revelou como a hidroponia pode ser um empreendimento que garante bons retornos para o produtor, mesmo usando a água salobra no preparo da solução nutritiva e reposição da ET_c até $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ com 12 ou mais ciclos de produção, sendo que $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ não foi possível determinar a TIR para 10 e 11 ciclos de produção analisados para um módulo de produção. Mesmo com 2 módulos, de produção a viabilidade à TIR só foi superior a TMR para 14 ciclos de produção.

Tabela 34: Esperança do valor da Taxa Interna de Retorno (TIR) para a produção do coentro no módulo hidropônico planejado com uso de água salobra para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso de água salobra com diferentes níveis de condutividade elétrica e ciclos de produção anuais para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	TIR 20 m		TIR 40 m		TIR 60 m	
		1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
1,0	10	9,47%	30,19%	7,28%	26,65%	5,63%	25,31%
1,0	11	20,67%	52,56%	17,05%	47,25%	16,88%	44,95%
1,0	12	42,38%	66,59%	37,09%	64,71%	36,81%	63,98%
1,0	13	58,27%	84,04%	51,25%	83,55%	50,46%	83,04%
1,0	14	75,81%	101,35%	74,56%	98,46%	73,83%	96,04%
2,0	10	6,46%	11,83%	4,51%	11,26%	3,60%	10,24%
2,0	11	9,66%	31,11%	6,51%	30,28%	5,49%	28,18%
2,0	12	23,00%	48,11%	22,22%	46,40%	19,05%	43,79%
2,0	13	37,86%	64,36%	36,55%	61,66%	35,77%	60,34%
2,0	14	54,45%	80,31%	52,24%	74,07%	47,38%	71,88%
3,0	10	1,80%	11,39%	0,72%	8,90%	-0,54%	6,98%
3,0	11	4,24%	19,89%	2,13%	16,96%	0,64%	13,53%
3,0	12	10,79%	28,65%	7,75%	26,99%	6,40%	25,02%
3,0	13	15,14%	44,23%	14,68%	42,41%	14,00%	40,81%
3,0	14	32,15%	59,05%	30,16%	57,76%	29,79%	55,08%
4,0	10	-0,27%	2,10%	-1,97%	-0,68%	-2,51%	-1,61%
4,0	11	0,07%	12,49%	-0,63%	11,61%	-2,21%	9,93%
4,0	12	4,86%	15,84%	3,39%	21,63%	2,54%	21,03%
4,0	13	7,47%	28,74%	6,13%	24,32%	5,51%	24,22%
4,0	14	16,26%	43,13%	11,45%	39,57%	10,65%	38,96%

(Conclusão)

CE _a	Ciclos	TIR 20 m		TIR 40 m		TIR 60 m	
		1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
5,0	10	-	-0,89%	-	-1,55%	-	-1,64%
5,0	11	-	0,23%	-	-0,38%	-	-0,64%
5,0	12	-0,59%	3,96%	-1,52%	3,08%	-1,68%	-0,13%
5,0	13	2,56%	6,05%	0,25%	5,74%	-0,27%	2,12%
5,0	14	5,41%	14,96%	4,27%	14,86%	1,22%	11,66%

Analisando a Taxa Interna de Retorno, o projeto não teve viabilidade para a construção de um módulo de produção e produção de 10 ciclos para nenhuma situação analisada. Para as condutividades elétrica de 4,0 e 5,0 dS m⁻¹ percebeu-se a necessidade da construção de mais um módulo de produção para que haja viabilidade com 13 e 14 ciclos de produção.

Vasconcelos et al. (2019) chamam a atenção para a variação da condutividade elétrica da água no poço de acordo com a sua profundidade, com os maiores valores de condutividade elétrica da água nas regiões mais profundas, na região de 28 m a condutividade elétrica da água encontrada varia de 0,287 dS m⁻¹ a 0,497 dS m⁻¹, sendo que nas regiões mais profundas em torno de 55 m a condutividade elétrica chega a 5,565 dS m⁻¹, nesse sentido a análise econômica é impactada diretamente pois o bombeamento mais profundo requer maior gasto de energia elétrica e resultaria em águas mais salobras. Para a profundidade de 60 m, considerada como média para o cristalino nordestino, verifica-se que a condutividade elétrica estaria na maior faixa considerada pelos autores, reduzindo a viabilidade do investimento no módulo produtivo planejado.

Os parâmetros analisados suscitaram a questão da análise do empreendimento como um empreendimento familiar sem uso de mão de obra contratada em estudos futuros, o que pode tornar mais viável o uso da água com maior condutividade elétrica da água (CE_a).

4.5. Produção de coentro com água dessalinizada por Osmose Reversa

A crescente escassez de água doce, principalmente em regiões áridas e semiáridas, aumenta a importância de se investigar o uso de água de unidades dessalinizadoras para produção e seus efeitos no crescimento, produtividade e qualidade das plantas (Bashabsheh et al., 2021). O panorama global atual é marcado pela escassez de recursos econômicos, o que eleva a importância conjunta da análise econômica dos projetos de unidades produtoras com água dessalinizada.

A técnica de dessalinização mais comum no semiárido nordestino e baiano é a osmose reversa (Wenten e Khoiruddin, 2016; Silva e Quirino, 2020). Devido a esse fato, foi escolhido esse método de dessalinização e procederam-

se as análises de viabilidade com a incorporação dos custos de aquisição, manutenção e operação do equipamento de dessalinização.

De acordo com o fabricante, o dessalinizador gasta 3,3 kw h⁻¹ para dessalinizar uma água com a concentração de 2.000 mg L⁻¹ ou 4,0 dS m⁻¹, valor aproximado estimado, chamando a atenção que esse valor depende dos tipos de sais dissolvidos na água tratada. Foi possível estimar o gasto energético para cada condutividade elétrica da água analisada: 0,83; 1,65; 2,47; 3,3 e 4,12 kw h⁻¹ para as águas de 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m⁻¹, respectivamente. Vale ressaltar que esses valores são para a produção de 1 m³ de água dessalinizada. O coentro tem uma demanda de 10 m³ por ciclo de produção ou 120 m³ anuais (12 ciclos de produção), que foi suprido totalmente pelo uso do dessalinizador de Osmose Reversa, com os custos de dessalinização incorporados aos custos de produção de acordo com a condutividade elétrica da água a ser utilizada.

A análise dos valores do custo unitário de produção mostrou que o maior custo unitário para os ciclos analisados é para a condutividade de 5,0 dS m⁻¹, com aumento de R\$ 0,04 em relação à água com condutividade elétrica 1,0 dS m⁻¹ para 10 ciclos de produção (Tabela 35). A vantagem do uso da Osmose Reversa se refere ao fato de que se elimina as perdas de produção decorrentes do uso da água com maior condutividade elétrica da água.

Tabela 35. Custo unitário anual para a produção do coentro hidropônico de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE_a) para um módulo de produção para abril/2021.

	Condutividade elétrica da água				
	1,0 dS m⁻¹	2,0 dS m⁻¹	3,0 dS m⁻¹	4,0 dS m⁻¹	5,0 dS m⁻¹
10 ciclos	R\$ 1,10	R\$ 1,11	R\$ 1,12	R\$ 1,13	R\$ 1,14
11 ciclos	R\$ 1,01	R\$ 1,01	R\$ 1,02	R\$ 1,03	R\$ 1,04
12 ciclos	R\$ 0,94	R\$ 0,94	R\$ 0,95	R\$ 0,96	R\$ 0,97
13 ciclos	R\$ 0,87	R\$ 0,88	R\$ 0,89	R\$ 0,90	R\$ 0,91
14 ciclos	R\$ 0,81	R\$ 0,82	R\$ 0,83	R\$ 0,84	R\$ 0,85

A análise seguiu com os dados obtidos para dois módulos de produção em que o custo unitário diminuiu devido principalmente à diluição do maior custo de produção que é a mão-de-obra (Tabela 36).

Tabela 36. Custo unitário anual para a produção do coentro hidropônico de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE_a) para dois módulos de produção para o mês de abril/2021.

	Condutividade elétrica da água				
	1,0 dS m⁻¹	2,0 dS m⁻¹	3,0 dS m⁻¹	4,0 dS m⁻¹	5,0 dS m⁻¹
10 ciclos	R\$ 0,80	R\$ 0,80	R\$ 0,81	R\$ 0,81	R\$ 0,82
11 ciclos	R\$ 0,74	R\$ 0,74	R\$ 0,75	R\$ 0,75	R\$ 0,76
12 ciclos	R\$ 0,68	R\$ 0,68	R\$ 0,69	R\$ 0,69	R\$ 0,70
13 ciclos	R\$ 0,63	R\$ 0,63	R\$ 0,64	R\$ 0,64	R\$ 0,65
14 ciclos	R\$ 0,59	R\$ 0,59	R\$ 0,60	R\$ 0,61	R\$ 0,62

O custo de produção do m³ da água dessalinizada variou de acordo com a profundidade do poço e a condutividade elétrica (Tabela 37). Como esperado, os maiores valores foram para a profundidade de 60 m e condutividade de 5,0 dS m⁻¹. Com o dólar no valor médio no mês de abril/2021 de R\$ 5,70, obteve-se valores de US\$ 0,23 m⁻³ a no máximo US\$ 1,10 m⁻³, valores próximos aos apresentados por Ziolkowska (2015) de 0,45 a 2,51 US\$ m⁻³. Já Silva (2015) encontrou valores de R\$ 6,22 m⁻³ a R\$ 7,71 m⁻³ para o uso da Osmose Reversa alimentada por energia elétrica, valores esse compatíveis com a condutividade elétrica da água de 5,0 dS m⁻¹.

Tabela 37. Custo do m³ da água dessalinizada (profundidades de bombeamento de 20, 40 e 60 m) para a produção do coentro hidropônico no módulo planejado de produção para o mês de abril/2021.

	Condutividade elétrica da água (dS m⁻¹)				
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
20 m	R\$ 1,31	R\$ 2,51	R\$ 3,71	R\$ 4,93	R\$ 6,13
40 m	R\$ 1,36	R\$ 2,56	R\$ 3,77	R\$ 4,98	R\$ 6,18
60 m	R\$ 1,44	R\$ 2,64	R\$ 3,84	R\$ 5,05	R\$ 6,26

Os custos de dessalinização aumentaram com o incremento da condutividade elétrica da água, devido a maior necessidade de gasto de energia para funcionamento do equipamento e retirada dos sais da água.

As análises de viabilidade econômica com o uso da água dessalinizada, para os diferentes ciclos de produção, mostraram que os valores da probabilidade de viabilidade de produção mudaram pouco com os diferentes níveis de condutividade elétrica da água e as diferentes profundidades de captação da água salobra (Tabela 38). Chamando aa atenção que para 10 ciclos de produção não foi viável a implementação do módulo hidropônico planejado em nenhuma situação simulada.

Tabela 38: Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para um módulo de produção do coentro hidropônico planejado com uso água dessalinizada por Osmose Reversa em diferentes números de ciclos de produção anuais, condutividade elétrica e profundidade de bombeamento para abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
		Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
1,0	10	33,44%	-R\$ 17.664,11	32,70%	-R\$ 18.042,10	32,36%	-R\$ 18.264,75
1,0	11	59,14%	R\$ 11.874,91	58,12%	R\$ 11.161,20	57,12%	R\$ 10.757,99
1,0	12	78,40%	R\$ 41.393,88	78,16%	R\$ 40.692,98	77,94%	R\$ 39.901,89
1,0	13	91,72%	R\$ 69.985,55	90,84%	R\$ 69.615,89	89,86%	R\$ 68.718,67
1,0	14	97,06%	R\$ 99.838,12	96,94%	R\$ 98.908,24	96,90%	R\$ 98.099,96
2,0	10	32,18%	-R\$ 18.281,32	32,08%	-R\$ 18.631,32	31,42%	-R\$ 19.402,29
2,0	11	58,68%	R\$ 11.214,51	58,54%	R\$ 10.278,86	57,58%	R\$ 9.864,85
2,0	12	77,98%	R\$ 40.625,00	77,88%	R\$ 40.314,29	77,62%	R\$ 39.606,60
2,0	13	91,18%	R\$ 68.995,11	90,44%	R\$ 68.335,30	89,90%	R\$ 67.935,59
2,0	14	96,80%	R\$ 98.835,59	96,62%	R\$ 98.017,26	96,50%	R\$ 97.704,39
3,0	10	31,20%	-R\$ 18.968,33	30,74%	-R\$ 19.795,45	30,60%	-R\$ 19.911,50
3,0	11	57,30%	R\$ 10.483,39	56,92%	R\$ 9.758,37	56,49%	R\$ 9.328,33
3,0	12	77,74%	R\$ 39.746,14	77,12%	R\$ 39.118,18	76,66%	R\$ 38.289,05
3,0	13	90,88%	R\$ 68.444,25	89,84%	R\$ 68.206,43	89,54%	R\$ 67.702,60
3,0	14	96,76%	R\$ 97.943,13	96,64%	R\$ 97.033,86	96,56%	R\$ 96.427,60
4,0	10	30,80%	-R\$ 19.039,88	30,46%	-R\$ 20.558,08	29,34%	-R\$ 21.352,17
4,0	11	56,94%	R\$ 10.202,26	55,80%	R\$ 8.980,19	55,46%	R\$ 7.866,22
4,0	12	77,36%	R\$ 38.514,45	76,80%	R\$ 37.701,70	76,60%	R\$ 36.816,89
4,0	13	90,26%	R\$ 68.119,90	89,80%	R\$ 67.237,46	89,56%	R\$ 66.822,54
4,0	14	96,42%	R\$ 96.392,49	96,24%	R\$ 96.058,10	96,14%	R\$ 95.572,48

(Conclusão)

CE _a	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
		Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
5,0	10	30,65%	-R\$ 19.824,16	29,80%	-R\$ 20.632,38	28,32%	-R\$ 21.121,19
5,0	11	55,22%	R\$ 9.430,83	54,22%	R\$ 8.752,71	53,80%	R\$ 8.392,70
5,0	12	77,20%	R\$ 38.234,77	76,76%	R\$ 37.938,42	76,12%	R\$ 37.591,02
5,0	13	89,90%	R\$ 67.420,76	89,48%	R\$ 66.844,68	88,62%	R\$ 64.970,74
5,0	14	96,22%	R\$ 96.265,11	96,04%	R\$ 95.920,27	95,98%	R\$ 93.338,16

A comparação dos valores do uso da água salobra (Tabela 27) e da água dessalinizada (Tabela 38) mostrou que para a água de condutividade elétrica $1,0 \text{ dS m}^{-1}$, o uso da água salobra praticamente se igualou com o uso da água dessalinizada. Para os outros níveis de salinidade, a água dessalinizada obteve vantagem em comparação com a água salobra, isso se deve ao fato do uso do dessalinizador garantiu uma segurança na produção evitando perdas (Figura 6, Figura 7 e Figura 8).

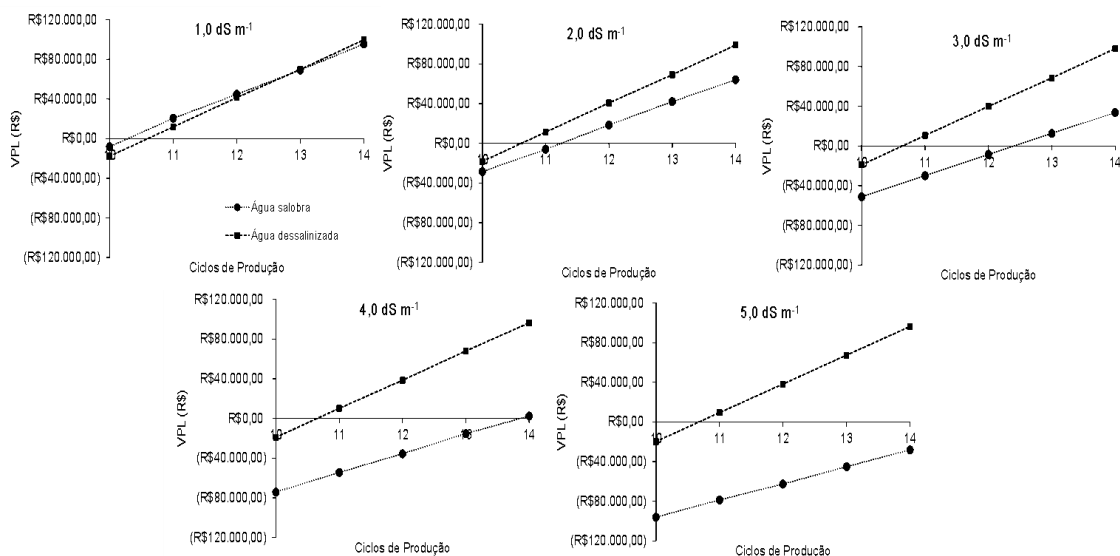


Figura 6: Comparação do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 20 m.

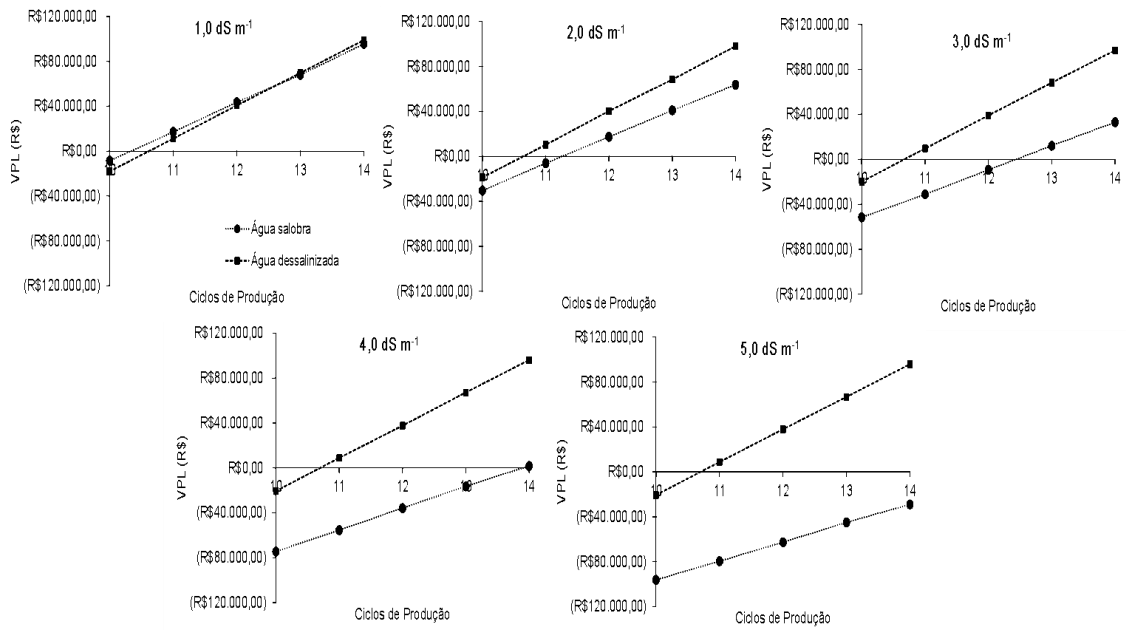


Figura 7: Comparação do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 40 m.

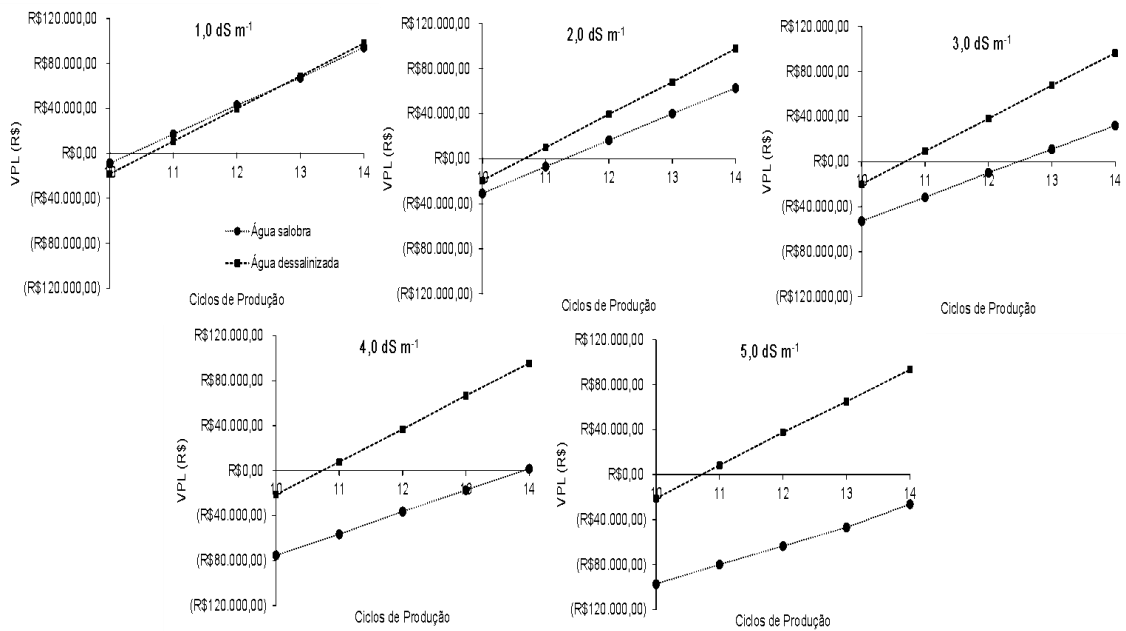


Figura 8: Comparação do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 60 m.

Para dois módulos os valores da probabilidade de viabilidade e do VPL foram superiores (Tabela 39). Nesse caso houve viabilidade para todas as situações analisadas, não se encontrando valores negativos de VPL.

Tabela 39: Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para dois módulos de produção do coentro hidropônico planejados com uso água dessalinizada por Osmose Reversa em diferentes números de ciclos de produção anuais e profundidades de bombeamento para abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
		Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
1,0	10	66,50%	R\$ 36.482,43	66,32%	R\$ 36.172,02	63,98%	R\$ 32.678,93
1,0	11	85,30%	R\$ 95.984,20	85,02%	R\$ 94.552,13	84,06%	R\$ 93.876,07
1,0	12	95,48%	R\$ 158.254,89	94,40%	R\$ 154.494,15	94,22%	R\$ 152.534,08
1,0	13	99,28%	R\$ 215.950,31	99,22%	R\$ 211.693,79	99,02%	R\$ 209.207,67
1,0	14	100,00%	R\$ 269.796,03	100,00%	R\$ 268.887,97	100,00%	R\$ 266.554,09
2,0	10	65,86%	R\$ 35.620,07	65,06%	R\$ 34.408,05	64,30%	R\$ 31.566,74
2,0	11	84,90%	R\$ 94.048,18	84,54%	R\$ 92.893,10	83,52%	R\$ 88.942,24
2,0	12	95,14%	R\$ 154.361,33	94,92%	R\$ 153.388,73	94,16%	R\$ 150.514,78
2,0	13	99,02%	R\$ 212.173,08	98,90%	R\$ 210.345,19	98,82%	R\$ 209.310,38
2,0	14	100,00%	R\$ 268.860,02	100,00%	R\$ 267.141,54	100,00%	R\$ 264.723,26
3,0	10	65,46%	R\$ 34.897,60	64,06%	R\$ 33.365,57	62,82%	R\$ 30.941,02
3,0	11	84,20%	R\$ 92.218,54	83,68%	R\$ 91.423,33	82,64%	R\$ 89.249,58
3,0	12	94,90%	R\$ 152.345,95	93,86%	R\$ 151.075,40	93,80%	R\$ 147.510,17
3,0	13	99,01%	R\$ 210.597,51	98,92%	R\$ 208.234,32	98,62%	R\$ 204.660,57
3,0	14	100,00%	R\$ 267.282,85	100,00%	R\$ 266.230,10	100,00%	R\$ 265.764,85
4,0	10	65,38%	R\$ 32.991,50	63,72%	R\$ 32.391,97	62,62%	R\$ 28.416,11
4,0	11	83,86%	R\$ 91.110,70	83,64%	R\$ 90.620,65	82,78%	R\$ 87.950,56
4,0	12	94,28%	R\$ 150.456,23	93,32%	R\$ 148.309,51	92,88%	R\$ 146.294,09
4,0	13	98,99%	R\$ 208.226,73	98,92%	R\$ 207.289,04	98,82%	R\$ 204.059,41
4,0	14	100,00%	R\$ 266.590,50	100,00%	R\$ 265.443,21	100,00%	R\$ 261.128,13

(Conclusão)

CE _a	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
		Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
5,0	10	64,32%	R\$ 31.904,03	63,22%	R\$ 30.816,63	61,32%	R\$ 28.019,53
5,0	11	83,64%	R\$ 89.395,84	83,06%	R\$ 88.963,54	82,34%	R\$ 86.933,09
5,0	12	94,00%	R\$ 149.194,38	93,64%	R\$ 148.544,15	93,14%	R\$ 145.851,27
5,0	13	98,84%	R\$ 206.104,60	98,68%	R\$ 205.607,99	98,54%	R\$ 201.305,01
5,0	14	100,00%	R\$ 265.134,50	100,00%	R\$ 264.741,96	100,00%	R\$ 261.462,50

Tabela 40: Incremento do valor do VPL de acordo com os ciclos de produção, adicionando o segundo módulo de produção para a profundidades de 20, 40 e 60 m de acordo com a condutividade elétrica da água utilizada (CE_a) para abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	20 m	40 m	60 m
		Incremento (%)	Incremento (%)	Incremento (%)
1,0	10	306,53%	300,49%	278,92%
1,0	11	708,29%	747,15%	772,62%
1,0	12	282,31%	279,66%	282,27%
1,0	13	208,56%	204,09%	204,44%
1,0	14	170,23%	171,86%	171,72%
2,0	10	294,84%	284,68%	262,70%
2,0	11	738,63%	803,73%	801,61%
2,0	12	279,97%	280,48%	280,02%
2,0	13	207,52%	207,81%	208,10%
2,0	14	172,03%	172,55%	170,94%

(Conclusão)

CE_a	Ciclos	20 m	40 m	60 m
		Incremento (%)	Incremento (%)	Incremento (%)
3,0	10	283,98%	268,55%	255,39%
3,0	11	779,66%	836,87%	856,76%
3,0	12	283,30%	286,20%	285,25%
3,0	13	207,69%	205,30%	202,29%
3,0	14	172,90%	174,37%	175,61%
4,0	10	273,28%	257,56%	233,08%
4,0	11	793,04%	909,12%	1018,08%
4,0	12	290,65%	293,38%	297,36%
4,0	13	205,68%	208,29%	205,38%
4,0	14	176,57%	176,34%	173,23%
5,0	10	260,94%	249,36%	232,66%
5,0	11	847,91%	916,41%	935,82%
5,0	12	290,21%	291,54%	287,99%
5,0	13	205,70%	207,59%	209,84%
5,0	14	175,42%	176,00%	180,12%

O percentual do incremento do valor do VPL com o segundo módulo de produção, foi maior para 11 ciclos de produção, independentemente da condutividade elétrica. Chamando a atenção que para 14 ciclos de produção que se observou os menores valores, o que pode ser explicado pelo fato dos maiores custos de produção e do menor ganho de escala da produção

Para dois módulos de produção, seguiu-se a mesma tendência de um módulo de produção na comparação do uso direto da água salobra (Tabela 30) com a água dessalinizada por Osmose Reversa (Figura 9, Figura 10 e Figura 11). Nesse sentido a vantagem da hidroponia quem vem sendo recorrentemente estudado do uso direto da água salobra tem que ser analisada do ponto de vista econômico para se encontrar até que ponto foi viável o uso de cada água.

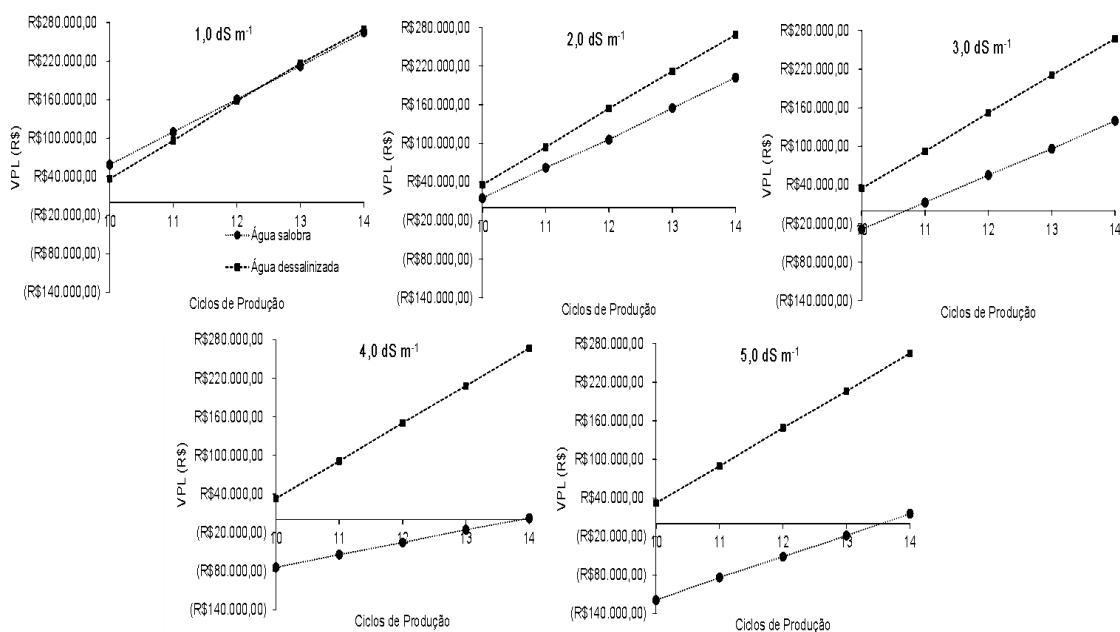


Figura 9: Comparação dos valores do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para dois módulos de produção e profundidade de bombeamento de 20 m.

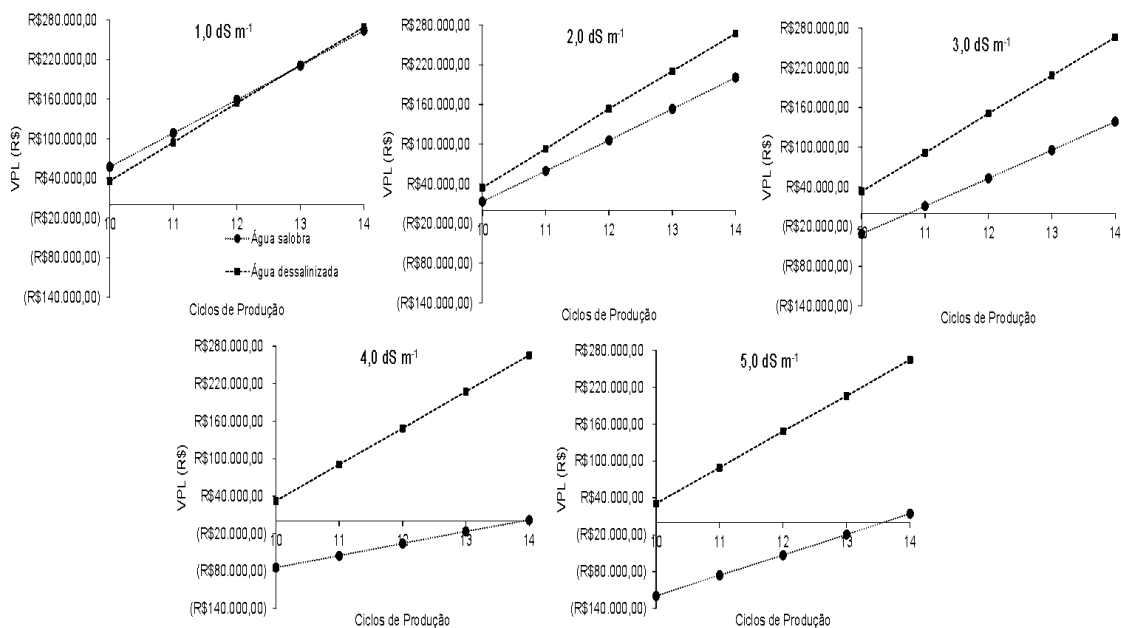


Figura 10: Comparação dos valores do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para dois módulos de produção e profundidade de bombeamento de 40 m.

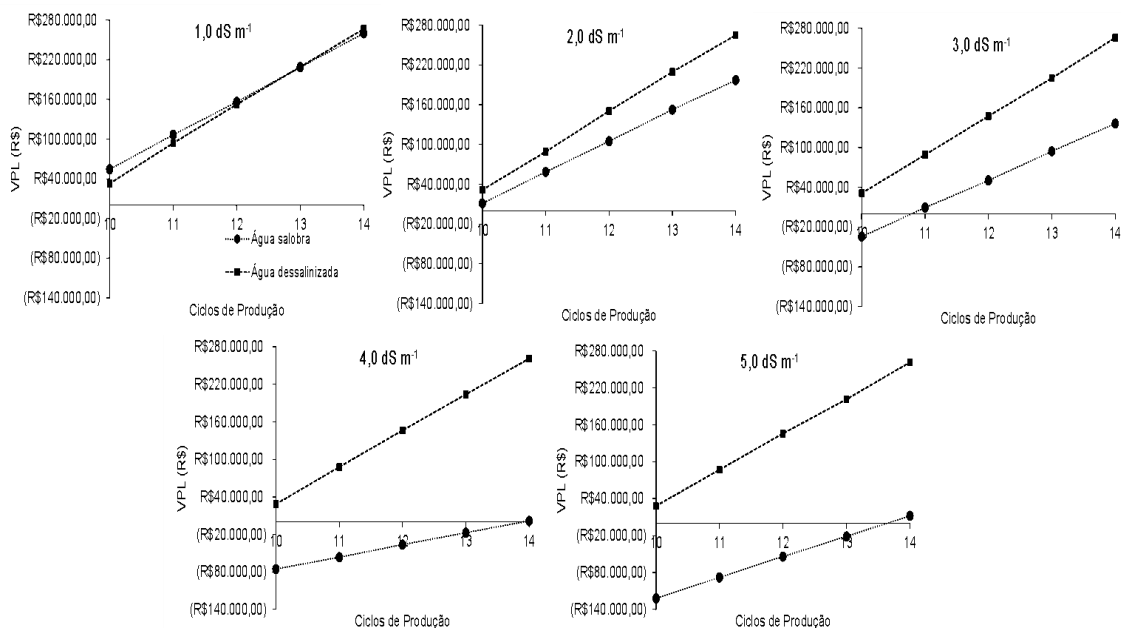


Figura 11: Comparação dos valores do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para dois módulos de produção e profundidade de bombeamento de 60 m.

A análise do Balanço Líquido Anual (BLA) (Tabela 41) mostrou que não se encontrou valores negativos do BLA para qualquer condutividade elétrica da água analisada ou ciclos de produção analisado.

Tabela 41: Esperança do valor do Balanço Líquido Anual (BLA) para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso de água dessalinizada por Osmose Reversa com diferentes níveis de condutividade elétrica e ciclos de produção anuais para abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	BLA 20 m		BLA 40 m		BLA 60 m	
		1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
1,0	10	R\$ 1.542,95	R\$ 15.806,29	R\$ 1.224,45	R\$ 15.550,39	R\$ 1.141,06	R\$ 15.165,29
1,0	11	R\$ 6.504,49	R\$ 25.922,03	R\$ 6.477,12	R\$ 25.775,26	R\$ 6.378,05	R\$ 25.458,94
1,0	12	R\$ 11.701,05	R\$ 36.020,31	R\$ 11.666,01	R\$ 35.994,61	R\$ 11.456,69	R\$ 35.756,84
1,0	13	R\$ 16.994,61	R\$ 46.819,52	R\$ 16.752,18	R\$ 46.390,78	R\$ 16.679,60	R\$ 45.945,92
1,0	14	R\$ 22.170,09	R\$ 57.058,01	R\$ 22.047,75	R\$ 56.885,88	R\$ 21.760,61	R\$ 56.574,88
2,0	10	R\$ 1.448,62	R\$ 15.433,46	R\$ 1.176,37	R\$ 15.114,17	R\$ 1.052,64	R\$ 14.804,07
2,0	11	R\$ 6.341,82	R\$ 25.747,05	R\$ 6.151,70	R\$ 25.638,04	R\$ 6.100,23	R\$ 25.271,01
2,0	12	R\$ 11.618,65	R\$ 35.893,42	R\$ 11.413,46	R\$ 35.779,69	R\$ 11.357,09	R\$ 35.295,00
2,0	13	R\$ 16.800,26	R\$ 46.663,78	R\$ 16.672,34	R\$ 45.917,22	R\$ 16.572,50	R\$ 45.801,26
2,0	14	R\$ 22.013,81	R\$ 56.637,48	R\$ 22.000,51	R\$ 56.488,33	R\$ 21.914,87	R\$ 56.191,94
3,0	10	R\$ 1.134,29	R\$ 15.141,40	R\$ 1.031,40	R\$ 14.888,64	R\$ 1.000,01	R\$ 14.354,56
3,0	11	R\$ 6.289,59	R\$ 25.418,17	R\$ 6.221,59	R\$ 25.275,38	R\$ 6.194,27	R\$ 24.948,90
3,0	12	R\$ 11.343,22	R\$ 35.361,40	R\$ 11.051,34	R\$ 35.581,87	R\$ 11.000,21	R\$ 25.248,04
3,0	13	R\$ 16.784,74	R\$ 46.176,89	R\$ 16.564,21	R\$ 46.027,83	R\$ 16.472,51	R\$ 45.864,53
3,0	14	R\$ 21.689,48	R\$ 56.472,04	R\$ 21.561,45	R\$ 56.111,48	R\$ 21.432,90	R\$ 55.911,77
4,0	10	R\$ 957,65	R\$ 14.968,25	R\$ 894,58	R\$ 14.326,05	R\$ 760,39	R\$ 14.239,95
4,0	11	R\$ 6.154,45	R\$ 25.032,48	R\$ 6.104,64	R\$ 24.845,79	R\$ 6.023,79	R\$ 24.689,60
4,0	12	R\$ 11.215,71	R\$ 34.964,22	R\$ 11.160,73	R\$ 34.863,29	R\$ 10.979,12	R\$ 34.797,14
4,0	13	R\$ 16.585,35	R\$ 45.461,06	R\$ 16.366,11	R\$ 45.197,66	R\$ 16.113,19	R\$ 44.732,69
4,0	14	R\$ 21.554,20	R\$ 56.144,20	R\$ 21.413,24	R\$ 56.045,14	R\$ 21.615,09	R\$ 55.192,75

(Conclusão)

CE_a	Ciclos	BLA 20 m		BLA 40 m		BLA 60 m	
		1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
5,0	10	R\$ 851,87	R\$ 14.772,03	R\$ 671,76	R\$ 14.577,23	R\$ 1.000,01	R\$ 14.262,51
5,0	11	R\$ 6.010,62	R\$ 24.954,57	R\$ 5.958,90	R\$ 24.859,08	R\$ 6.194,27	R\$ 24.733,63
5,0	12	R\$ 11.032,16	R\$ 34.898,43	R\$ 10.950,97	R\$ 34.655,06	R\$ 11.000,21	R\$ 34.568,31
5,0	13	R\$ 16.396,84	R\$ 45.356,21	R\$ 16.115,68	R\$ 45.281,45	R\$ 16.472,51	R\$ 45.039,46
5,0	14	R\$ 21.494,69	R\$ 55.799,05	R\$ 21.281,00	R\$ 55.551,93	R\$ 21.432,90	R\$ 55.391,46

Na comparação com uso direto da água salobra (Tabela 32) e dessalinizada, os valores de Balanço Líquido Anual (BLA) seguem o mesmo comportamento dos valores do VPL, com ampla vantagem do uso da água dessalinizada em relação ao uso direto da água salobra (Figura 11). Foi mostrado os dados somente para a profundidade de 20 m, pois o comportamento foi igual para todas as profundidades.

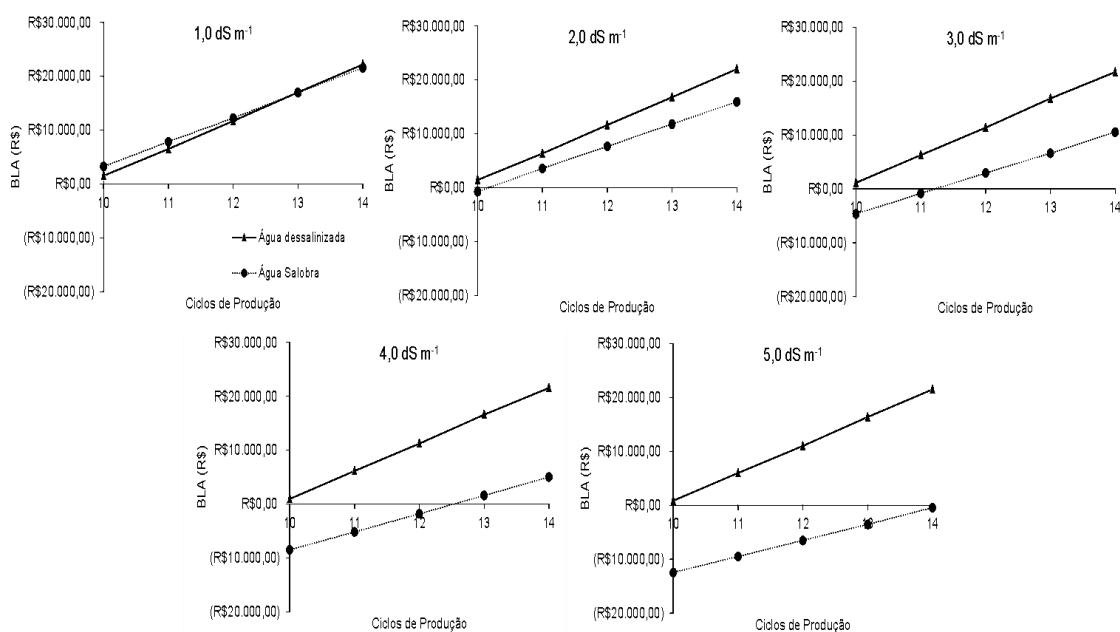


Figura 12: Comparação dos valores do Balanço Líquido Anual (BLA) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção para a profundidade de 20 m.

Com dois módulos a água dessalinizada tem a vantagem a partir de 2,0 dS m⁻¹ como visto para um módulo de produção (Figura 12).

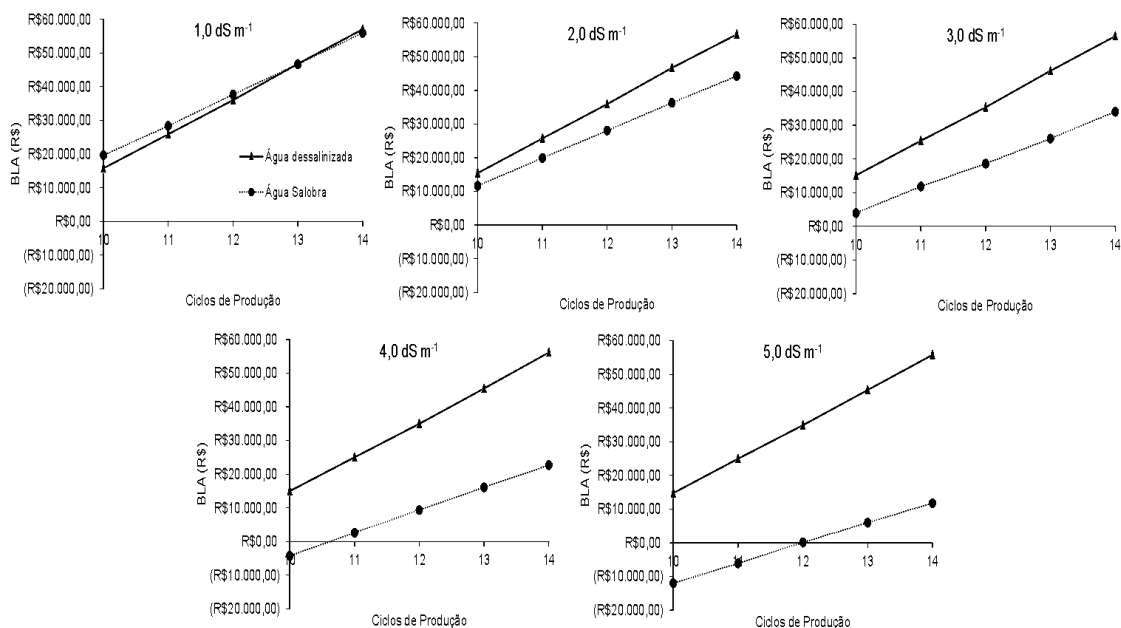


Figura 13: Comparação dos valores do Balanço Líquido Anual (BLA) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para dois módulos de produção para a profundidade de 20 m.

Para a variável do Payback Descontado não foram encontrados valores superiores aos 10 anos planejados com um ou dois módulos de produção, o que foi um bom indicador da coerência do tempo utilizado para a análise de viabilidade econômica (Tabela 42). Esses valores mostraram também que o uso do dessalinizador garante um maior segurança na produção, em que a produção do coentro hidropônico permitiu ao empreendedor o retorno do seu investimento inicial com possibilidade da continuação dos ganhos dentro do horizonte planejado.

Tabela 42: Esperança do valor do Payback Descontado (PBD) e o % aumento em relação à produção com água “doce” para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso de água dessalinizada por Osmose Reversa com diferentes níveis de condutividade elétrica e ciclos de produção anuais para abril/2021.

(Continua)

CE _a	Módulo	Ciclos	PBD 20 m		PBD 40 m		PBD 60 m	
			1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
1,0	1	10	8,0	5,5	8,0	5,5	8,1	5,6
1,0	1	11	5,8	3,7	6,0	3,9	6,1	4,0
1,0	1	12	4,0	2,6	4,0	2,6	4,1	2,6
1,0	1	13	3,0	1,5	3,1	1,6	3,3	1,6
1,0	1	14	2,0	1,2	2,2	1,2	2,3	1,2
2,0	1	10	8,1	5,6	8,1	5,6	8,1	5,7
2,0	1	11	5,8	3,8	6,0	3,9	6,0	4,0
2,0	1	12	4,0	2,6	4,2	2,7	4,3	2,7
2,0	1	13	3,0	1,5	3,1	1,6	3,2	1,6
2,0	1	14	2,2	1,2	2,3	1,2	2,3	1,2
3,0	1	10	8,1	5,6	8,3	5,6	8,1	5,7
3,0	1	11	5,9	3,8	6,0	3,9	6,1	4,0
3,0	1	12	4,0	2,7	4,2	2,7	4,2	2,8
3,0	1	13	3,0	1,6	3,1	1,6	3,3	1,6
3,0	1	14	2,4	1,2	2,4	1,2	2,4	1,2
4,0	1	10	8,1	5,6	8,3	5,7	8,2	5,7
4,0	1	11	5,9	3,8	6,0	3,9	6,1	4,0
4,0	1	12	4,2	2,7	4,2	2,7	4,3	2,8
4,0	1	13	3,0	1,6	3,1	1,6	3,2	1,6
4,0	1	14	2,4	1,2	2,4	1,2	2,3	1,2

(Conclusão)

CE _a	Módulo	Ciclos	PBD 20 m		PBD 40 m		PBD 60 m	
			1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
5,0	1	10	8,4	5,7	8,4	5,7	8,5	5,8
5,0	1	11	6,0	3,8	6,0	3,9	6,1	3,9
5,0	1	12	4,2	2,7	4,2	2,7	4,2	2,7
5,0	1	13	3,1	1,6	3,1	1,7	3,1	1,8
5,0	1	14	2,4	1,2	2,4	1,2	2,4	1,2

Para o Payback Descontado (PD) os dados obtiveram o mesmo comportamento dos indicadores anteriores na comparação da água dessalinizada e salobra na preparação da solução nutritiva da hidroponia (Figura 13). Nas condições analisadas a água salobra (Tabela 33) foi mais vantajosa que a dessalinizada somente até a condutividade elétrica na condutividade de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ para qualquer profundidade analisada. Para dois módulos os dados revelaram o mesmo comportamento em que a água salobra só tem vantagem até $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 14).

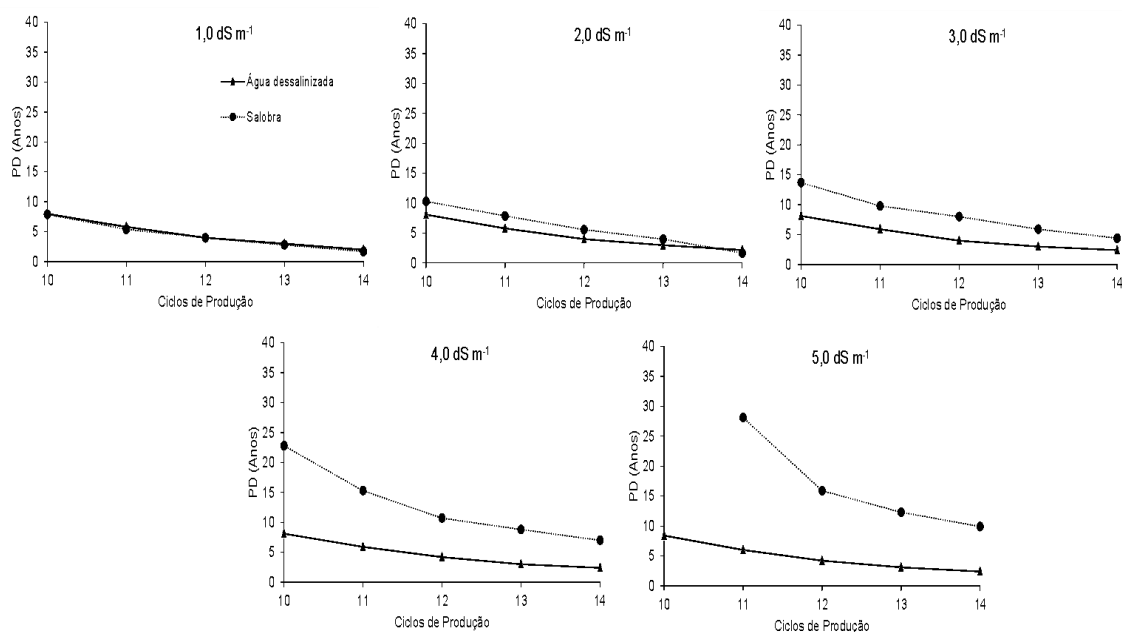


Figura 14: Comparação dos valores do Payback Descontado (PD) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção na profundidade de 20 m.

Avaliando o último indicador de viabilidade escolhido no trabalho, os valores de TIR obtidos para 10 ciclos de produção o valor da TIR foram inferiores a TMR. Para os outros ciclos de produção com um e dois módulos de produção a TIR se mostrou superior a TMR utilizada para as análises (Tabela 43), mostrando um ganho superior ao considerado como mínimo no trabalho. No caso do uso da água dessalinizada, a capacitação foi fundamental para o aumento dos retornos esperados no empreendimento, isso se deve ao fato do aumento dos custos para a dessalinização da água a ser utilizada.

Tabela 43: Esperança do valor da Taxa Interna de Retorno (TIR) para a produção no módulo hidropônico planejado com uso de água dessalinizada por Osmose Reversa para um e dois módulos com diferentes níveis de condutividade elétrica da água (CE_a), ciclos de produção anuais e profundidades de bombeamento para abril/2021.

(Continua)

CE _a	Módulo	Ciclos	TIR 20 m		TIR 40 m		TIR 60 m	
			1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
1,0	1	10	4,84%	20,48%	3,86%	19,71%	3,01%	18,62%
1,0	1	11	13,44%	42,74%	12,92%	41,87%	12,15%	40,62%
1,0	1	12	36,82%	63,26%	36,19%	62,23%	35,28%	60,79%
1,0	1	13	57,61%	83,26%	56,81%	82,05%	55,68%	80,36%
1,0	1	14	77,69%	103,09%	76,71%	101,68%	75,33%	99,74%
2,0	1	10	4,70%	19,90%	3,78%	19,13%	2,95%	18,00%
2,0	1	11	12,74%	42,19%	12,22%	41,32%	11,39%	40,07%
2,0	1	12	36,21%	62,68%	35,58%	61,65%	34,63%	60,18%
2,0	1	13	56,98%	82,65%	56,18%	81,44%	55,01%	79,71%
2,0	1	14	77,02%	102,43%	76,05%	101,03%	74,63%	99,05%
3,0	1	10	4,65%	19,31%	3,69%	18,55%	2,87%	17,37%
3,0	1	11	12,03%	41,64%	11,51%	40,78%	10,63%	39,48%
3,0	1	12	35,59%	62,11%	34,96%	61,08%	33,97%	59,57%
3,0	1	13	56,35%	82,04%	55,56%	80,83%	54,35%	79,07%
3,0	1	14	76,36%	101,77%	75,39%	100,38%	73,93%	98,35%
4,0	1	10	4,52%	18,72%	3,47%	17,95%	2,45%	16,72%
4,0	1	11	11,31%	41,08%	10,79%	40,22%	9,84%	38,88%
4,0	1	12	34,97%	61,53%	34,34%	60,51%	33,31%	58,95%
4,0	1	13	55,72%	81,41%	54,93%	80,22%	53,68%	78,41%
4,0	1	14	75,69%	101,11%	74,73%	99,72%	73,22%	97,65%

(Conclusão)

CE _a	Módulo	Ciclos	TIR 20 m		TIR 40 m		TIR 60 m	
			1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
5,0	1	10	4,41%	18,12%	3,33%	17,36%	2,32%	16,08%
5,0	1	11	10,58%	40,52%	10,06%	39,67%	9,05%	38,29%
5,0	1	12	34,35%	60,95%	35,58%	59,93%	32,64%	58,34%
5,0	1	13	55,09%	80,80%	56,18%	79,61%	53,01%	77,76%
5,0	1	14	75,03%	100,45%	76,05%	99,07%	72,52%	96,95%

O aumento dos custos decorrentes da aquisição do dessalinizador da Osmose Reversa inviabilizou economicamente o empreendimento com um módulo de produção para 10 ciclos de produção nas condições analisadas. Reforçando a necessidade da capacitação técnica do produtor, pois o uso do dessalinizador por Osmose Reversa encarece a produção, assim pequenas perdas de safras podem inviabilizar o cultivo hidropônico com. Ressaltando que o uso do dessalinizador provém água de qualidade para a produção, permitindo ao produtor produzir na capacidade máxima do módulo de produção, mas não necessariamente permite a viabilidade em todas as situações analisadas.

Ressalta-se que o uso de água dessalinizada para a agricultura tem maior possibilidade de ser rentável no caso do uso do ambiente controlado, como é o caso do cultivo hidropônico protegido, em que os métodos de irrigação de água são mais eficazes. Somando-se ao que foi citado anteriormente, a eficiência do uso da água é melhorada no cultivo hidropônico protegido, o que poderia gerar renda muito melhor para os pequenos produtores em regiões remotas e áridas (Khattab et al., 2016).

4.6. Produção com água captada pela chuva – Custos e Receitas

Para a cidade de Vitória da Conquista – BA, cidade considerada parte do Semiárido Baiano e com grande capacidade comercial de alimentos, tem-se precipitação média anual de 747 mm. Nessa situação, o volume do reservatório foi dimensionado em 32,94 m³ utilizando a equação da ABNT (2007). Utilizando a metodologia de Couto (2022) para dimensionamento de reservatório, este teria capacidade de 38,42 m³. Para efeitos, de cálculos, foi considerado 40,0 m³ no presente estudo.

As dimensões consideradas do reservatório para esse volume foram de 2,0 m para a base maior e 1,0 m para a base menor, 2,0 m de profundidade com comprimento necessário de 13,33 m que foi arredondado para 13,0 m com um volume final do tanque de 39,0 m³. Como área final da manta foi encontrada uma área de 106,64 m², porém comercialmente foi orçado uma lona de 110 m². Em comparação Jurga et al. (2020) instalaram um tanque de captação de água da chuva na Polônia, em uma região com média de 544 mm bem próxima a realidade analisada, com a área de 25 m², o reservatório seria dimensionado em torno de 33,6 m³.

O reservatório não atendeu completamente a demanda anual hídrica para a produção do coentro hidropônico no módulo planejado, o excedente necessário foi complementado com uso da água salobra bombeada do poço. No caso do uso da água salobra, foi utilizada a mistura da água captada e salobra na proporção de 50% cada uma. O uso direto de água salobra foi complementar a quantidade de água provida pelo reservatório da água captada da chuva (38,42 m³), nessa situação planejada. A condutividade da água considerada para 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m⁻¹ seria de 0,55; 1,05; 1,55; 2,05 e 2,55 dS m⁻¹ respectivamente, considerando que a água captada tenha uma condutividade de 0,1 dS m⁻¹.

O custo de escavação mecanizada foi de R\$ 25,34 por m³ em abril/2021. Como se trata de uma escavação, foi considerado o volume de empolamento de 25% de acordo com empresas especializadas na área, o que aumentaria o volume final para 50,0 m³ para abertura do tanque. Considerando todos os materiais necessários, o custo total para a construção do tanque foi de R\$ 4.730,30 (Tabela 45).

Tabela 44: Custos dos itens para construção do reservatório de armazenamento da água captada da chuva no módulo planejado.

Custos com materiais e mão-de-obra	Valor	Total
Escavação m3	R\$ 25,34	R\$ 1.267,00
Manta tanque 110 m2	R\$ 1.969,30	R\$ 1.969,30
Manta cobertura	R\$ 994,00	R\$ 994,00
Mão-de-obra	R\$ 500,00	R\$ 500,00
Total		R\$ 4.730,30

Segundo Cohim et al. (2008), o reservatório é o item mais caro para a construção do sistema de captação e utilização de água das chuvas, sendo que seus custos podem representar 50% a 85% do valor total do sistema. No presente caso, o reservatório correspondeu 63,22% de um total de R\$ 7.482,35 do sistema de captação da água, dentro da faixa considerado por Cohim et al. (2008). O sistema de captação representa 29,36% de todo o custo inicial da obra de construção do módulo.

O custo unitário de produção (abril/2021) para um módulo de produção (Tabela 46) e dois módulos de produção (Tabela 47), com a combinação da água salobra e da chuva, reduziu em relação ao uso exclusivo de água salobra, devido

ao fato da redução das perdas de produção e conseqüentemente aumento da receita.

Tabela 45. Custo unitário anual para a produção de 1 maço de coentro de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE_a) para um módulo de produção.

	Condutividade elétrica da água				
	1,0 dS m⁻¹	2,0 dS m⁻¹	3,0 dS m⁻¹	4,0 dS m⁻¹	5,0 dS m⁻¹
10 ciclos	R\$ 1,05	R\$ 1,10	R\$ 1,16	R\$ 1,22	R\$ 1,30
11 ciclos	R\$ 0,96	R\$ 1,01	R\$ 1,07	R\$ 1,14	R\$ 1,21
12 ciclos	R\$ 0,89	R\$ 0,94	R\$ 1,00	R\$ 1,06	R\$ 1,14
13 ciclos	R\$ 0,83	R\$ 0,88	R\$ 0,94	R\$ 1,00	R\$ 1,07
14 ciclos	R\$ 0,78	R\$ 0,83	R\$ 0,88	R\$ 0,94	R\$ 1,01

Tabela 46: Custo unitário para produção de um maço de coentro de acordo com o número de ciclos e valor da condutividade elétrica da água (CE_a) para dois módulos de produção.

	Condutividade elétrica da água				
	1,0 dS m⁻¹	2,0 dS m⁻¹	3,0 dS m⁻¹	4,0 dS m⁻¹	5,0 dS m⁻¹
10 ciclos	R\$ 0,59	R\$ 0,62	R\$ 0,65	R\$ 0,69	R\$ 0,73
11 ciclos	R\$ 0,54	R\$ 0,57	R\$ 0,61	R\$ 0,64	R\$ 0,68
12 ciclos	R\$ 0,50	R\$ 0,53	R\$ 0,56	R\$ 0,60	R\$ 0,64
13 ciclos	R\$ 0,47	R\$ 0,50	R\$ 0,53	R\$ 0,57	R\$ 0,61
14 ciclos	R\$ 0,44	R\$ 0,47	R\$ 0,50	R\$ 0,53	R\$ 0,57

O uso complementar da água “doce” proveniente da captação da chuva em conjunto com a água salobra foi inviável para 10 ciclos de produção com qualquer condutividade elétrica da água utilizada (Tabela 48). Comparando com o uso exclusivo de água salobra, mesmo com os custos da construção de armazenamento da água pluvial e os custos provenientes do seu uso, os valores

da probabilidade e do VPL calculados melhoraram na comparação do uso das duas águas.

Como já era esperado com o uso da água pluvial captada, houve a melhora dos valores da condutividade elétrica da água que zera o VPL em relação ao uso exclusivo da água salobra (Tabela 27). Esses valores foram calculados de acordo com as equações encontradas na Figura 15 para as diferentes condutividades e ciclos de produção.

Tabela 47. Esperança dos valores de probabilidade de viabilidade, Valor Presente Líquido (VPL), para a produção no módulo hidropônico planejado com uso de água captada da chuva complementada com uso de água salobra para um módulo com diferentes ciclos de produção anuais e profundidades de bombeamento para abril/2021.

(Continua)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
1,0	1	10	43,38%	-R\$ 4.797,35	42,72%	-R\$ 5.211,50	41,76%	-R\$ 6.380,88
1,0	1	11	68,50%	R\$ 21.508,98	67,84%	R\$ 20.171,95	67,80%	R\$ 19.155,26
1,0	1	12	85,40%	R\$ 46.893,97	84,86%	R\$ 46.059,21	84,24%	R\$ 45.655,55
1,0	1	13	94,54%	R\$ 73.277,60	93,62%	R\$ 71.682,07	94,08%	R\$ 71.342,09
1,0	1	14	98,86%	R\$ 98.777,53	98,60%	R\$ 97.399,45	98,46%	R\$ 96.196,44
2,0	1	10	30,42%	-R\$ 17.916,62	28,64%	-R\$ 18.372,01	28,60%	-R\$ 19.327,62
2,0	1	11	52,80%	R\$ 4.789,82	52,10%	R\$ 4.733,19	51,63%	R\$ 3.919,46
2,0	1	12	74,70%	R\$ 28.718,31	74,86%	R\$ 28.474,23	73,14%	R\$ 27.989,16
2,0	1	13	87,10%	R\$ 52.439,32	86,92%	R\$ 52.220,05	86,56%	R\$ 50.082,33
2,0	1	14	94,88%	R\$ 75.407,55	95,08%	R\$ 75.119,29	94,78%	R\$ 74.119,96
3,0	1	10	18,64%	-R\$ 31.899,18	18,06%	-R\$ 31.992,57	16,60%	-R\$ 32.720,09
3,0	1	11	38,24%	-R\$ 10.720,66	36,12%	-R\$ 11.617,07	36,36%	-R\$ 11.856,71
3,0	1	12	58,42%	R\$ 10.517,41	57,80%	R\$ 9.847,07	59,00%	R\$ 8.796,08
3,0	1	13	77,42%	R\$ 32.206,51	76,24%	R\$ 31.568,82	75,74%	R\$ 30.445,79
3,0	1	14	88,22%	R\$ 53.222,80	87,96%	R\$ 52.318,63	87,06%	R\$ 52.243,84
4,0	1	10	7,78%	-R\$ 45.671,56	8,34%	-R\$ 46.590,16	8,00%	-R\$ 46.207,22
4,0	1	11	23,04%	-R\$ 26.639,44	22,58%	-R\$ 27.202,01	21,28%	-R\$ 28.535,41
4,0	1	12	41,80%	-R\$ 6.550,70	40,48%	-R\$ 7.727,37	39,00%	-R\$ 8.222,83
4,0	1	13	60,70%	R\$ 11.132,65	58,80%	R\$ 10.246,85	58,06%	R\$ 9.982,19
4,0	1	14	75,58%	R\$ 30.478,98	74,72%	R\$ 30.195,03	74,70%	R\$ 29.291,79

(Conclusão)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
5,0	1	10	1,94%	-R\$ 58.749,41	1,54%	-R\$ 59.217,17	1,56%	-R\$ 61.300,70
5,0	1	11	10,80%	-R\$ 41.316,34	9,24%	-R\$ 42.895,40	9,46%	-R\$ 42.904,55
5,0	1	12	24,04%	-R\$ 25.961,00	22,94%	-R\$ 26.198,72	21,64%	-R\$ 26.794,34
5,0	1	13	39,00%	-R\$ 8.704,27	37,94%	-R\$ 10.237,76	37,44%	-R\$ 10.478,36
5,0	1	14	55,68%	R\$ 6.654,79	56,82%	R\$ 6.539,31	54,72%	R\$ 6.489,26

Tabela 48. Condutividade elétrica da água que zera o VPL para as profundidades de bombeamento de 20, 40 e 60 m para os diferentes ciclos de produção analisados no mês de abril/2021.

Profundidade (m)	Ciclos	CEa limite (dS m ⁻¹)
20	11	2,33
20	12	3,59
20	13	4,56
20	14	5,31
40	11	2,28
40	12	3,56
40	13	4,51
40	14	5,31
60	11	2,23
60	12	3,52
60	13	4,49
60	14	5,30

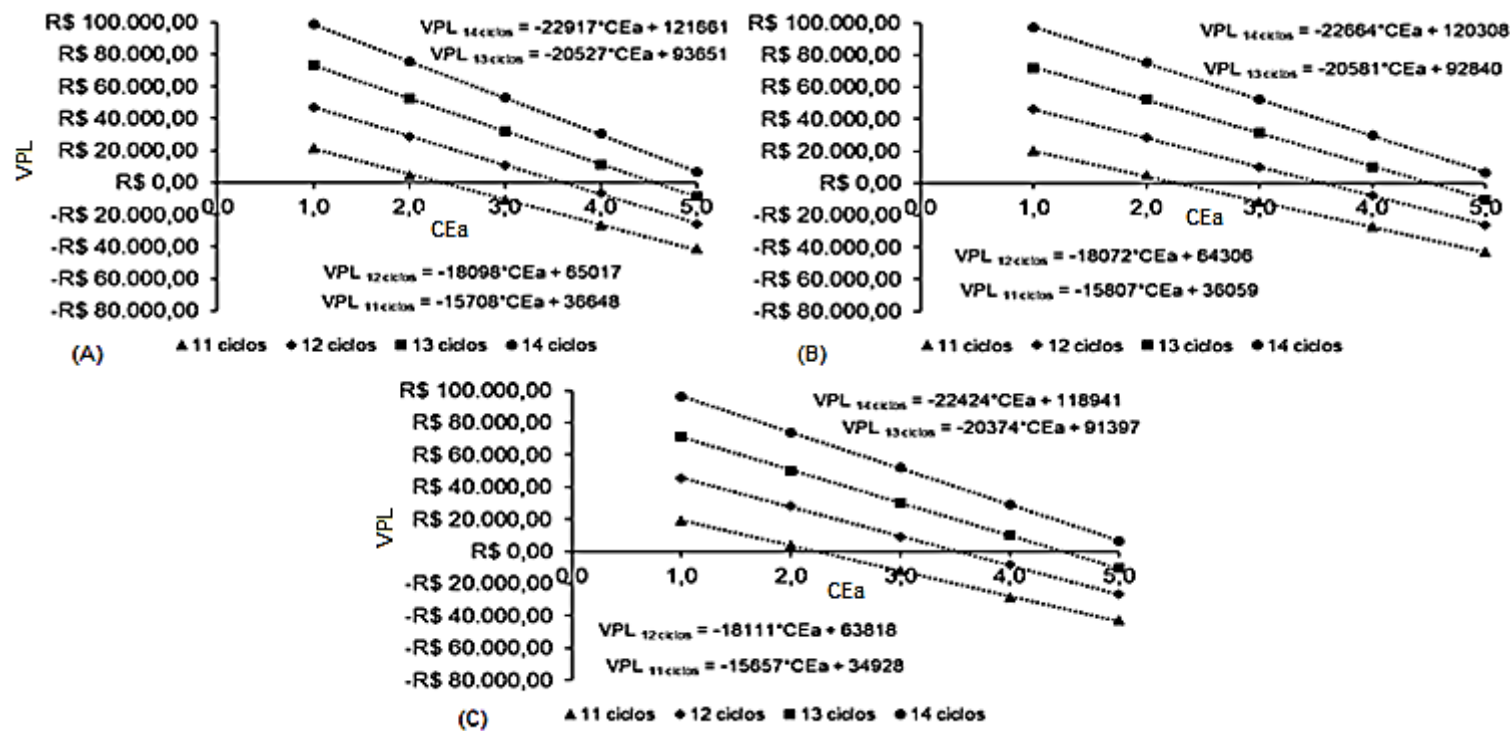


Figura 15. Regressão dos valores do VPL uso combinado da água captada pluvial e água salobra e suas respectivas equações, para bombeamento de 20 m (A), 40 m (B) e 60 m (C).

O armazenamento da água pluvial no empreendimento hidropônico promove o aumento da disponibilidade hídrica para a produção com água de melhor qualidade, considerando a condutividade elétrica. O maior volume de água armazenada permite também maior possibilidade de ampliação da produção agrícola

Comparando as diferentes águas analisadas no estudo, com o valor do VPL, os maiores valores foram para água da chuva em conjunto com a água salobra até para a água 1,0 dS m⁻¹. A partir da condutividade de 2,0 dS m⁻¹ os melhores resultados do VPL foram para o uso da água dessalinizada (Tabela 51) (Figura 16). Para a maior condutividade de 5,0 dS m⁻¹ só se obteve valores positivos do VPL com o uso da água dessalinizada por Osmose Reversa.

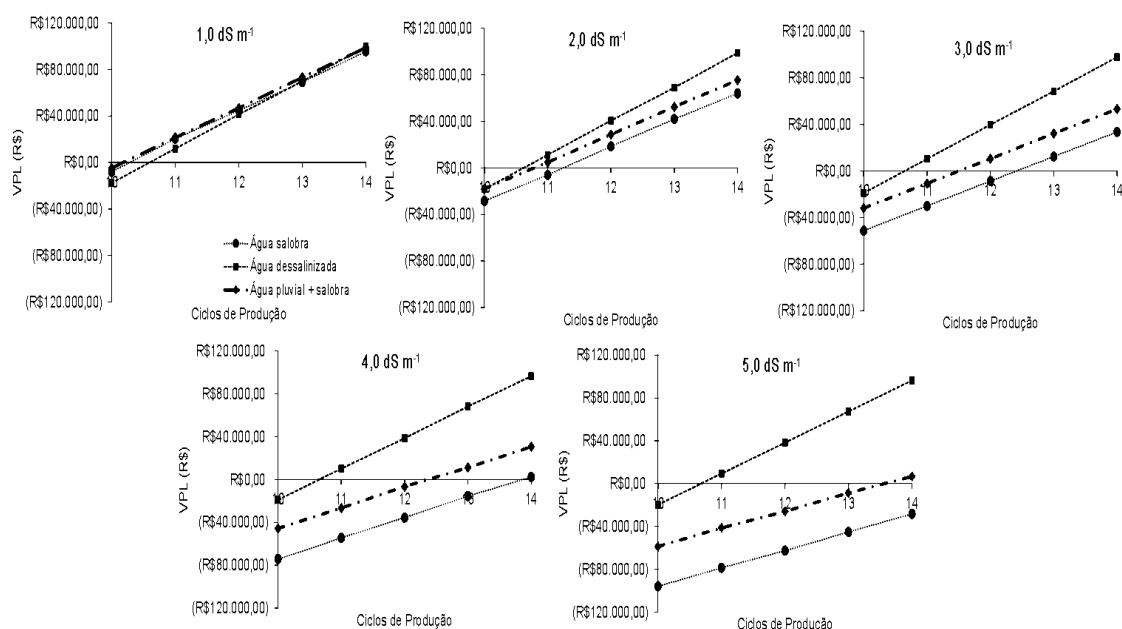


Figura 16: Comparação dos valores do Valor Presente Líquido (VPL) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra, água salobra + captada da chuva e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 20 m.

Para dois módulos produtivos os dados mostraram que os valores do VPL aumentaram, assim como a probabilidade de produzir com águas de maiores condutividades elétricas (Tabela 70). Com os dados simulados viu-se que é possível produzir mesmo com 5,0 dS m⁻¹, pela vantagem da diluição de custos e redução da condutividade elétrica da água com o uso da água pluvial. No caso foi viável produzir com 10 ciclos de produção até a condutividade de 3,0 dS m⁻¹,

ao contrário de um módulo em que em nenhuma situação obteve-se viabilidade com esse número de ciclos.

O aumento como vem sendo mostrado durante o estudo não é proporcional (Tabela 51). O maior aumento foi verificado para a condutividade de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ para 10 ciclos de produção, com mais de 1000% de aumento. O aumento proporcional do VPL com o segundo módulo segue o aumento dos ciclos e da condutividade elétrica da água, ou seja, os maiores aumentos para os maiores ciclos de produção se dão com a maior condutividade da água de produção.

O uso da água pluvial permite aumentar significativamente a condutividade elétrica da água usada no preparo da solução. Para 14 ciclos de produção, a CE_a que zerou o VPL foi de $7,0 \text{ dS m}^{-1}$ para 20 m de bombeamento (Tabela 52), o que permite uma melhor folga para utilização dos poços que por ventura, tenham água mais salobras.

Tabela 49. Esperança dos valores de probabilidade de viabilidade, Valor Presente Líquido (VPL), para a produção no módulo hidropônico planejado com uso de água captada da chuva complementada com uso de água salobra para dois módulos com diferentes ciclos de produção anuais e profundidades de bombeamento para abril/2021.

(Continua)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
1,0	1	10	79,36%	R\$ 64.121,20	78,68%	R\$ 61.881,85	77,96%	R\$ 59.032,66
1,0	1	11	93,22%	R\$ 112.879,40	93,08%	R\$ 112.860,26	92,48%	R\$ 114.179,32
1,0	1	12	98,68%	R\$ 165.240,58	98,82%	R\$ 167.436,23	98,44%	R\$ 160.242,22
1,0	1	13	100,00%	R\$ 217.226,58	100,00%	R\$ 215.764,14	100,00%	R\$ 214.376,89
1,0	1	14	100,00%	R\$ 271.258,42	100,00%	R\$ 266.908,01	100,00%	R\$ 264.696,86
2,0	1	10	69,30%	R\$ 38.147,14	67,30%	R\$ 35.326,73	66,92%	R\$ 32.008,99
2,0	1	11	86,24%	R\$ 82.801,47	85,06%	R\$ 80.437,97	84,48%	R\$ 78.446,83
2,0	1	12	95,32%	R\$ 129.093,11	95,34%	R\$ 128.875,82	93,64%	R\$ 126.364,89
2,0	1	13	99,12%	R\$ 178.615,69	99,08%	R\$ 172.918,66	98,58%	R\$ 174.268,60
2,0	1	14	100,00%	R\$ 222.455,18	100,00%	R\$ 221.069,35	100,00%	R\$ 219.486,03
3,0	1	10	53,90%	R\$ 6.316,75	52,58%	R\$ 8.746,08	51,84%	R\$ 4.702,71
3,0	1	11	75,32%	R\$ 51.408,11	74,12%	R\$ 50.525,58	73,46%	R\$ 48.634,34
3,0	1	12	89,16%	R\$ 94.380,06	87,86%	R\$ 91.933,87	87,66%	R\$ 91.065,39
3,0	1	13	95,86%	R\$ 136.518,67	95,68%	R\$ 134.749,21	95,08%	R\$ 132.712,87
3,0	1	14	95,72%	R\$ 178.129,69	99,00%	R\$ 177.137,32	99,00%	R\$ 175.128,02
4,0	1	10	37,12%	-R\$ 19.233,68	35,86%	-R\$ 20.142,98	34,00%	-R\$ 21.872,99
4,0	1	11	59,96%	R\$ 21.038,03	58,66%	R\$ 18.069,46	58,32%	R\$ 15.635,93
4,0	1	12	76,90%	R\$ 58.793,62	76,84%	R\$ 56.630,12	75,92%	R\$ 52.640,54
4,0	1	13	88,18%	R\$ 95.538,95	88,30%	R\$ 92.841,44	87,48%	R\$ 91.991,48
4,0	1	14	95,34%	R\$ 135.943,32	95,30%	R\$ 131.214,64	94,74%	R\$ 127.681,32

(Conclusão)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m profundidade		40 m profundidade		60 m profundidade	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
5,0	1	10	22,74%	-R\$ 44.834,78	22,86%	-R\$ 47.641,66	20,92%	-R\$ 47.713,02
5,0	1	11	40,78%	-R\$ 10.336,42	40,84%	-R\$ 11.914,62	38,76%	-R\$ 15.135,85
5,0	1	12	59,54%	R\$ 22.043,33	59,22%	R\$ 19.610,12	59,92%	R\$ 18.423,92
5,0	1	13	77,48%	R\$ 53.916,43	75,62%	R\$ 55.603,83	75,56%	R\$ 52.151,71
5,0	1	14	86,18%	R\$ 90.839,36	85,38%	R\$ 88.850,43	85,62%	R\$ 85.102,14

Tabela 50. Incremento do valor do VPL de acordo com os ciclos de produção, adicionando o segundo módulo de produção para a profundidades de 20, 40 e 60 m de acordo com a condutividade elétrica da água utilizada (CE_a).

(Continua)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m	40 m	60 m
			Incremento (%)	Incremento (%)	Incremento (%)
1,0	2	10	1437%	1287%	1025%
1,0	2	11	198%	207%	208%
1,0	2	12	141%	145%	150%
1,0	2	13	125%	134%	125%
1,0	2	14	120%	122%	123%
2,0	2	10	313%	292%	266%
2,0	2	11	696%	646%	717%
2,0	2	12	188%	182%	180%
2,0	2	13	146%	147%	152%
2,0	2	14	137%	130%	135%

(Conclusão)

CE _a	Módulos	Ciclos	20 m	40 m	60 m
			Incremento (%)	Incremento (%)	Incremento (%)
3,0	2	10	120%	127%	114%
3,0	2	11	580%	535%	510%
3,0	2	12	389%	413%	453%
3,0	2	13	193%	191%	199%
3,0	2	14	157%	158%	154%
4,0	2	10	-	-	-
4,0	2	11	179%	166%	155%
4,0	2	12	998%	833%	740%
4,0	2	13	428%	453%	427%
4,0	2	14	213%	207%	214%
5,0	2	10	-	-	-
5,0	2	11	-	-	-
5,0	2	12	185%	175%	169%
5,0	2	13	719%	643%	598%
5,0	2	14	710%	750%	704%

Tabela 51. Condutividade elétrica da água que zera o VPL para as profundidades de bombeamento de 20, 40 e 60 m para os diferentes ciclos de produção analisados no mês de abril/2021.

Profundidade (m)	Ciclos	CEa limite (dS m⁻¹)
20	10	3,32
20	11	4,67
20	12	5,63
20	13	6,33
20	14	7,02
40	10	3,28
40	11	4,60
40	12	5,53
40	13	6,36
40	14	6,97
60	10	3,20
60	11	4,50
60	12	5,51
60	13	6,27
60	14	6,87

A Tabela 53 mostra os valores do Balanço Líquido Anual (BLA), no caso de 10 ciclos de produção, os dados do BLA são positivos para 10 ciclos de produção até $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. É importante frisar que para a maioria das situações analisadas a partir de 12 ciclos de produção não existiram valores negativos de BLA, mostrando que o uso da água captada da chuva auxilia no ganho dos valores auferidos com a produção no módulo planejado.

A comparação dos valores do BLA para todas as águas analisadas, revelou que para a condutividade de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ a água captada da chuva mais a água salobra obtém os melhores valores. O BLA analisado teve a vantagem da água dessalinizada (Tabela 41) a partir de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$ para os níveis analisados para as profundidades de bombeamento analisadas (Figuras 17).

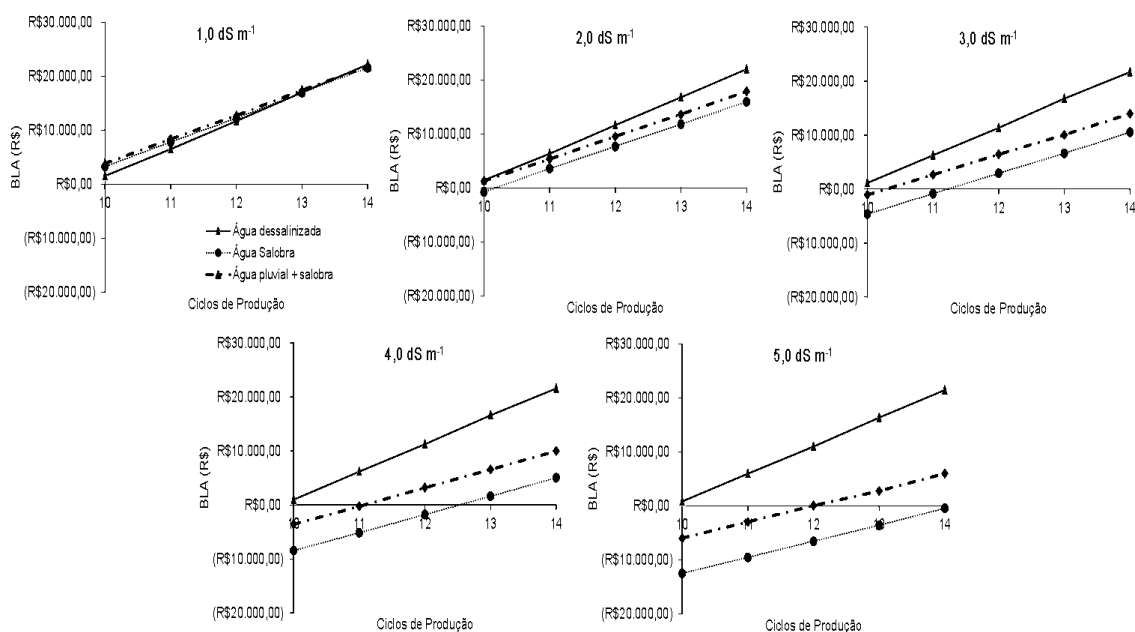


Figura 17. Comparação dos valores do Balanço Líquido Anual (BLA) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra, água salobra + captada da chuva e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 20 m.

Tabela 52. Esperança do valor do Balanço Líquido Anual (BLA) para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso de água captada da chuva mais água salobra com diferentes níveis de condutividade elétrica, profundidades de bombeamento e ciclos de produção anuais para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	BLA 20 m		BLA 40 m		BLA 60 m	
		1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
1,0	10	R\$ 3.852,84	R\$ 20.498,04	R\$ 3.671,14	R\$ 19.999,46	R\$ 3.415,70	R\$ 19.866,84
1,0	11	R\$ 8.360,63	R\$ 29.098,25	R\$ 8.281,81	R\$ 29.032,16	R\$ 8.143,60	R\$ 28.940,63
1,0	12	R\$ 12.729,96	R\$ 38.432,21	R\$ 12.846,21	R\$ 38.476,17	R\$ 12.580,48	R\$ 38.264,87
1,0	13	R\$ 17.414,68	R\$ 47.864,26	R\$ 17.036,68	R\$ 47.267,48	R\$ 16.847,77	R\$ 47.119,66
1,0	14	R\$ 21.795,97	R\$ 56.554,49	R\$ 21.838,21	R\$ 56.163,24	R\$ 21.516,30	R\$ 55.726,50
2,0	10	R\$ 1.299,24	R\$ 15.512,12	R\$ 1.163,53	R\$ 15.233,73	R\$ 1.149,42	R\$ 15.074,08
2,0	11	R\$ 5.331,42	R\$ 23.605,38	R\$ 5.242,57	R\$ 23.523,97	R\$ 5.152,08	R\$ 23.250,12
2,0	12	R\$ 9.542,18	R\$ 31.866,12	R\$ 9.446,93	R\$ 31.064,56	R\$ 9.326,90	R\$ 30.966,43
2,0	13	R\$ 13.629,75	R\$ 40.337,00	R\$ 13.528,97	R\$ 40.095,27	R\$ 13.598,02	R\$ 40.085,56
2,0	14	R\$ 17.883,83	R\$ 48.814,94	R\$ 17.784,95	R\$ 48.525,71	R\$ 17.560,71	R\$ 48.384,46
3,0	10	-R\$ 1.074,50	R\$ 10.711,31	-R\$ 1.242,72	R\$ 10.478,21	-R\$ 1.254,60	R\$ 10.216,43
3,0	11	R\$ 2.674,98	R\$ 18.304,97	R\$ 2.567,13	R\$ 17.653,08	R\$ 2.561,81	R\$ 17.500,35
3,0	12	R\$ 6.438,95	R\$ 25.509,79	R\$ 6.407,43	R\$ 25.401,37	R\$ 6.130,00	R\$ 25.143,91
3,0	13	R\$ 10.060,42	R\$ 33.164,42	R\$ 10.041,50	R\$ 32.833,98	R\$ 9.964,10	R\$ 32.069,32
3,0	14	R\$ 13.972,80	R\$ 40.769,86	R\$ 13.741,00	R\$ 40.443,86	R\$ 13.657,27	R\$ 40.156,56
4,0	10	-R\$ 3.606,06	R\$ 6.361,89	-R\$ 3.756,10	R\$ 5.325,16	-R\$ 3.826,31	R\$ 5.279,31
4,0	11	-R\$ 276,66	R\$ 12.778,21	-R\$ 316,63	R\$ 12.512,46	-R\$ 454,30	R\$ 12.481,77
4,0	12	R\$ 3.181,56	R\$ 19.374,86	R\$ 3.179,53	R\$ 19.024,36	R\$ 2.953,16	R\$ 18.808,19
4,0	13	R\$ 6.543,81	R\$ 25.763,28	R\$ 6.522,41	R\$ 25.943,39	R\$ 6.434,72	R\$ 25.305,86
4,0	14	R\$ 9.974,50	R\$ 32.786,09	R\$ 9.913,09	R\$ 32.504,17	R\$ 9.613,91	R\$ 32.407,95

(Conclusão)

CE_a	Ciclos	BLA 20 m		BLA 40 m		BLA 60 m	
		1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
5,0	10	-R\$ 5.945,15	R\$ 1.075,14	-R\$ 5.974,03	R\$ 771,38	-R\$ 6.010,37	R\$ 462,70
5,0	11	-R\$ 2.935,66	R\$ 7.159,76	-R\$ 3.128,89	R\$ 6.803,65	-R\$ 3.316,72	R\$ 6.703,63
5,0	12	R\$ 97,34	R\$ 12.740,70	R\$ 86,98	R\$ 12.637,01	-R\$ 138,71	R\$ 12.552,35
5,0	13	R\$ 2.797,15	R\$ 18.843,76	R\$ 3.006,66	R\$ 18.734,89	R\$ 2.801,76	R\$ 17.675,54
5,0	14	R\$ 6.028,96	R\$ 25.163,79	R\$ 5.704,74	R\$ 24.519,73	R\$ 5.594,78	R\$ 24.189,33

Analisados os dados do Payback Descontado, constatou-se que mesmo com o maior investimento para a construção de dois módulos o Payback Descontado para dois módulos foi menor que um módulo (Tabela 54). como vem sendo discutido ao longo do trabalho, o segundo módulo dilui o principal custo que é a mão-de-obra e aumentou os ganhos com a produção hidropônica. Para 10 ciclos de produção, os valores de Payback Descontado mostraram que nessa situação o empreendimento não teve, nos moldes planejados, alta capacidade de pagamento dentro do horizonte de planejamento de 10 anos da estrutura planejada.

Com a comparação das águas utilizando o Payback Descontado (PBD), para a condutividade de $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ a água pluvial mais a água salobra teve desvantagem em relação às demais, os valores praticamente se igualam para a condutividade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. Porém, a partir de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ a água dessalinizada (Tabela 33) passa a ter vantagem sobre as demais, porém o ganho do uso da água da chuva na redução do Payback em relação ao uso exclusivo de água salobra. Ressaltando que para 10 ciclos de produção com a condutividade de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ não foi possível calcular o valor do Payback Descontado (Figura 18).

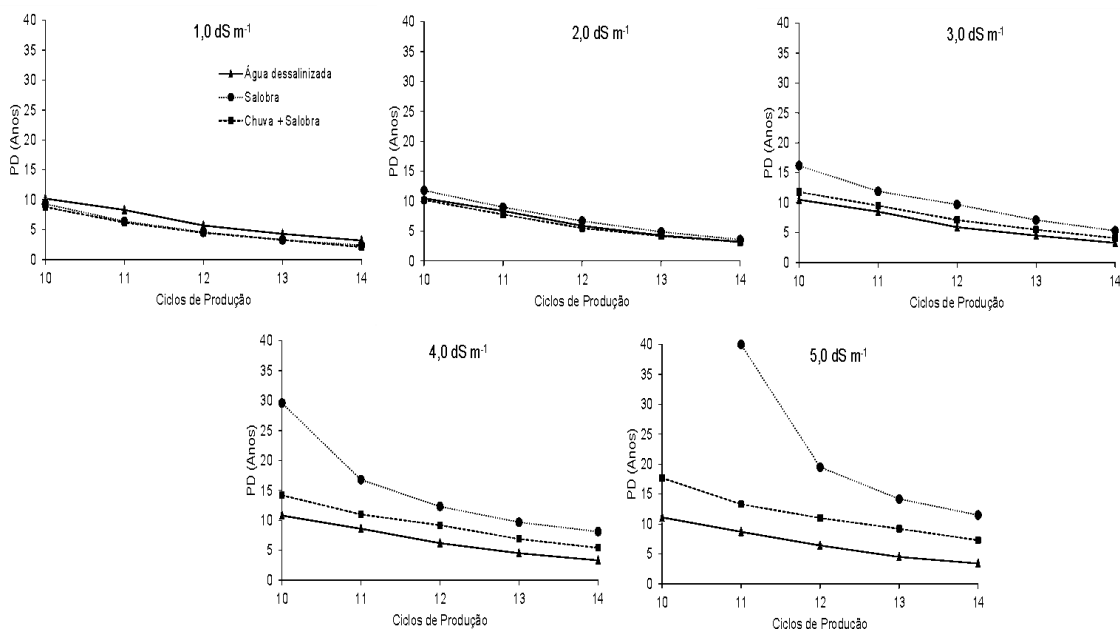


Figura 18. Comparação dos valores de Payback Descontado (PBD) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra, água salobra + captada da chuva e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 20 m para o mês de abril/2021.

Tabela 53. Esperança do valor do Payback Descontado (PBD) e o % aumento em relação à produção com água “doce” para um e dois módulos de produção hidropônico planejado com uso de água captada da chuva em conjunto com a água salobra com diferentes níveis de condutividade elétrica, profundidade de bombeamento do poço e ciclos de produção anuais para abril/2021.

(Continua)

CE _a	Módulo	Ciclos	PBD 20 m		PBD 40 m		PBD 60 m	
			1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
1,0	1	10	7,4	4,5	7,6	4,5	8,1	4,6
1,0	1	11	5,1	3,2	5,2	3,3	5,3	3,3
1,0	1	12	3,7	1,9	3,8	1,9	3,8	2,0
1,0	1	13	2,8	1,4	2,8	1,4	2,8	1,4
1,0	1	14	1,7	1,1	1,7	1,1	1,8	1,2
2,0	1	10	9,0	5,5	9,0	5,6	9,1	5,8
2,0	1	11	6,6	4,0	6,6	4,1	6,7	4,1
2,0	1	12	4,5	2,8	4,8	2,8	4,8	2,9
2,0	1	13	3,5	1,7	3,5	1,8	3,7	1,8
2,0	1	14	2,7	1,4	2,7	1,4	2,7	1,4
3,0	1	10	9,8	6,8	10,5	7,0	10,5	7,1
3,0	1	11	8,2	4,9	8,5	5,0	8,6	5,2
3,0	1	12	6,1	3,6	6,1	3,7	6,3	3,7
3,0	1	13	4,5	2,6	4,5	2,8	4,7	2,8
3,0	1	14	3,5	1,7	3,5	1,8	3,5	1,8
4,0	1	10	12,1	8,6	12,0	8,7	12,7	8,9
4,0	1	11	9,4	6,3	9,5	6,2	9,7	6,7
4,0	1	12	7,8	4,6	8,0	4,7	8,0	4,8
4,0	1	13	5,8	3,6	6,0	3,6	6,0	3,7
4,0	1	14	4,6	2,7	4,7	2,7	4,7	2,8

(Conclusão)

CE _a	Módulo	Ciclos	PBD 20 m		PBD 40 m		PBD 60 m	
			1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
5,0	1	10	15,1	10,2	15,1	10,6	15,7	10,6
5,0	1	11	11,5	8,1	11,5	8,3	11,9	8,7
5,0	1	12	9,3	6,1	9,4	6,2	9,8	6,4
5,0	1	13	7,8	4,7	8,3	4,7	8,3	5,0
5,0	1	14	6,1	3,8	6,2	3,9	6,4	3,9

Para 10 ciclos de produção, para nenhuma situação analisada se obteve valores da TIR superior a 12% da TMR esperada para o projeto. Esse indicador teve seus maiores valores para 13 e 14 ciclos de produção, como era esperado para as condutividades elétrica analisadas (Tabela 55). Com o segundo módulo diminuiu-se o impacto do aumento da condutividade na redução da TIR calculada, com valores inferiores a TMR com as condutividades elétricas da água de 4,0 dS m⁻¹ com 10 ciclos de produção de 5,0 dS m⁻¹ para 10 e 11 ciclos de produção.

Na comparação entre as águas que podem ser utilizadas, o comportamento dos índices foi semelhante aos anteriores, porém a água dessalinizada (Tabela 34) não mudou muito comportamento enquanto os outros tipos de água têm a TIR influenciada diretamente pelo aumento da condutividade elétrica da água, dessa forma tendo a viabilidade econômica seriamente comprometida (Figura 19).

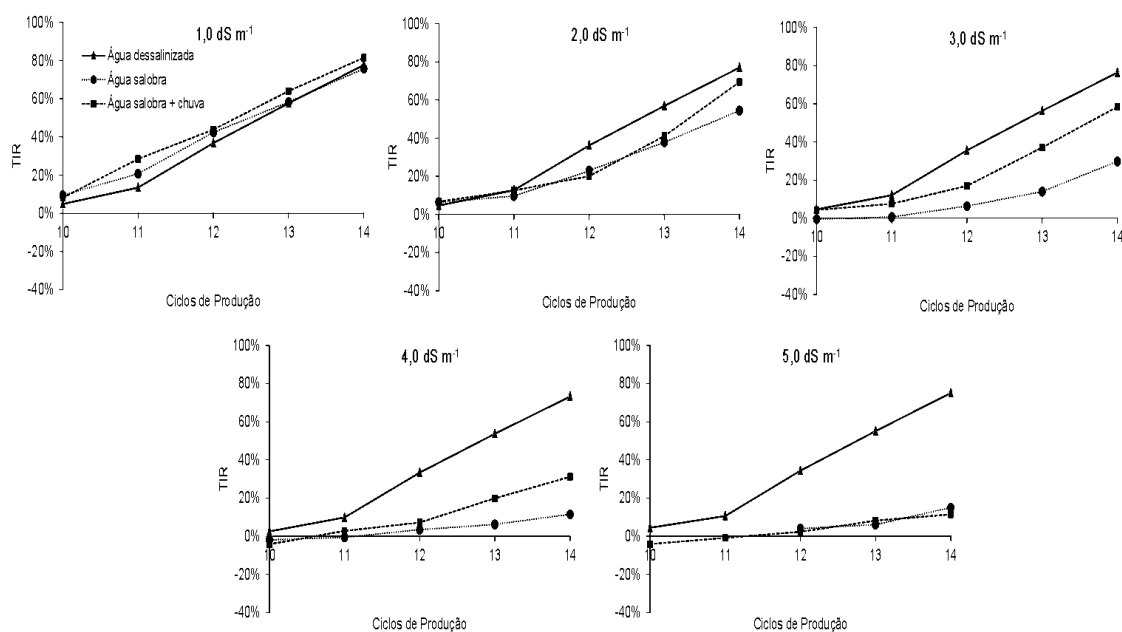


Figura 19. Comparação dos valores da Taxa Interna de Retorno (TIR) para os ciclos de produção analisados com a utilização direta da água salobra, água salobra + captada da chuva e da água dessalinizada pela Osmose Reversa para um módulo de produção e profundidade de bombeamento de 20 m para o mês de abril/2021.

Tabela 54. Esperança do valor da Taxa Interna de Retorno (TIR) para a produção no módulo hidropônico planejado com uso de água salobra mais a água captada da chuva para um e dois módulos com diferentes níveis de condutividade elétrica da água (CE_a), ciclos de produção anuais e profundidades de bombeamento para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Módulo	Ciclos	TIR 20 m		TIR 40 m		TIR 60 m	
			1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
1,0	1	10	8,17%	37,25%	7,03%	36,90%	4,15%	31,57%
1,0	1	11	28,50%	56,67%	25,68%	53,88%	22,04%	50,31%
1,0	1	12	43,86%	71,08%	41,57%	67,15%	36,51%	64,29%
1,0	1	13	64,00%	92,35%	61,81%	91,05%	60,25%	88,84%
1,0	1	14	81,56%	111,14%	81,13%	108,00%	77,16%	105,79%
2,0	1	10	6,70%	30,94%	4,59%	28,86%	3,92%	27,40%
2,0	1	11	12,58%	51,89%	8,60%	47,18%	7,00%	44,45%
2,0	1	12	20,12%	67,40%	18,54%	65,29%	17,42%	61,45%
2,0	1	13	41,14%	79,23%	37,86%	72,66%	35,21%	72,20%
2,0	1	14	69,44%	92,86%	67,17%	88,10%	65,23%	86,87%
3,0	1	10	4,34%	21,44%	2,44%	19,19%	1,06%	14,82%
3,0	1	11	7,57%	35,83%	7,03%	32,00%	4,79%	29,36%
3,0	1	12	16,97%	54,43%	11,62%	48,57%	10,23%	45,87%
3,0	1	13	37,07%	66,21%	34,18%	63,19%	32,56%	59,02%
3,0	1	14	58,38%	77,60%	55,88%	74,31%	52,10%	67,49%
4,0	1	10	0,14%	11,48%	-0,11%	10,62%	-4,28%	10,17%
4,0	1	11	3,63%	22,41%	3,04%	21,42%	2,76%	18,97%
4,0	1	12	10,17%	36,84%	9,98%	32,59%	7,13%	30,81%
4,0	1	13	21,70%	47,52%	20,70%	44,54%	19,85%	40,29%
4,0	1	14	37,06%	61,75%	33,68%	59,97%	31,18%	53,29%

(Conclusão)

CE _a	Módulo	Ciclos	TIR 20 m		TIR 40 m		TIR 60 m	
			1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos	1 módulo	2 módulos
5,0	1	10	-0,97%	7,98%	-3,26%	6,31%	-4,16%	3,87%
5,0	1	11	0,81%	9,47%	0,53%	8,03%	-0,83%	7,91%
5,0	1	12	6,44%	14,02%	4,73%	13,66%	2,33%	12,57%
5,0	1	13	12,21%	39,59%	9,64%	37,47%	8,12%	35,40%
5,0	1	14	16,14%	44,88%	12,24%	42,35%	11,41%	41,81%

Mesmo com aumento dos custos com a construção do reservatório, o ganho de produção proporcionado pelo uso da água da chuva aumentou as chances de viabilidade em relação ao uso direto da água salobra na produção. Esses dados mostraram que do ponto de vista econômico a menor capacitação técnica e águas mais salobras reduzem as chances de sucesso do empreendimento, porém se bem planejados podem se tornar políticas públicas de geração de renda na região do Semiárido Baiano ou em regiões que tenham problemas com água com maior nível de condutividade elétrica.

Jurga et al. (2020) discutem que a captação de águas da chuva resulta na economia de água por ano e aumentam a independência do cultivo da necessidade de outras fontes hídricas. Falam também que é mais benéfico escolher tanques menores em relação à análise econômica, porém é necessário analisar a realidade particular de cada projeto.

Conte e Santos (2017) mostraram o benefício do uso da água captada da chuva no cultivo hidropônico do morango, em que proporcionou o aumento da disponibilidade hídrica da estrutura produtiva. Os mesmos autores chamaram a atenção da redução com problemas fitossanitários na produção, devido a qualidade da água em termos biológicos e da condutividade elétrica da água.

Pardossi et al. (2006) discutiram que o uso da água salobra é mais complicado em sistema fechado, como é o caso da hidroponia fechada. Provocando a necessidade de uso de estratégias para a melhoria da qualidade da água, por meio da dessalinização e/ou aproveitamento da água da chuva, como tratado no estudo. Parente et al. (2000) ao misturarem águas salobras com água coletada da chuva na proporção de 50% cada uma, conseguiram melhora significativa na produção e não qualidade do fruto do tomate hidropônico.

O uso de estruturas de baixo custo, a coleta de água da chuva pode não ser viável se as casas de vegetação não forem projetadas adequadamente, com problemas como: falta de calhas, canalização de drenagem entre outros. (Van Os et al., 2019). Situação que foi observada e planejada no módulo planejado para a viabilidade de captação de água da chuva.

Agarwal et al. (2018) discutiram que independentemente dos recursos hídricos disponíveis, os produtores podem cultivar hortaliças hidroponicamente em áreas inacessíveis, onde os recursos hídricos superficiais não estão disponíveis, mas a água da chuva pode ser captada.

Após a variação das fontes de água partiu-se para a energia solar como fonte de energia, como forma de fonte alternativa e limpa de produção.

4.7. Viabilidade da produção de coentro hidropônico no cenário da energia solar

A produção de energia solar ganha importância no atual cenário global econômico como forma de produção de energia limpa e autossuficiência energética para as atividades econômicas. O sistema de produção de energia solar que foi analisado foi o sistema de produção *off grid*, sem a conexão com o sistema de fornecimento de energia pública. Esse sistema visa garantir a autonomia de funcionamento sem suprimento de energia elétrica do sistema público, com armazenamento da energia produzida em baterias. A água utilizada de poço foi bombeada possuindo diferentes condutividade elétrica da água.

A demanda elétrica do módulo foi dimensionada de acordo com os equipamentos e horas de funcionamento de cada um no sistema hidropônico, sendo a demanda de potência de pico do módulo foi calculada em 5.448,76 W. Para cidade de Vitória da Conquista – BA, foi encontrado o valor de 5 h de insolação que podem ser utilizados para a produção de energia solar de acordo com o Instituto Nacional de Informações Espaciais (INPE). Com o valor da insolação foi calculado o valor de 1.089,75 W h⁻¹ necessários, produzidos pelo sistema solar para atender o módulo de produção hidropônico para o bombeamento de um poço com profundidade de 20 m.

O painel escolhido foi de potência nominal de 550 W com eficiência de funcionamento de 21,28% com tensão de funcionamento de 12 V que alimentou as baterias utilizadas no sistema. Com o painel escolhido e sua eficiência foram necessários a aquisição de 10 painéis solares para atender as necessidades do módulo para 20 m de bombeamento.

A produção do sistema dimensionado de acordo com a potência do painel, das horas de insolação e do número de painéis foi de 1.170,4 W h⁻¹. O controlador foi dimensionado de acordo com a potência produzida, seguindo a Lei de Ohm, em que foi encontrando o valor de 98 A, comercialmente foi adquirido o de 100 A. Com as 5 h de insolação diária a corrente mínima produzida no dia para a cidade de Vitória da Conquista – BA foi de 487,67 A

A bateria escolhida foi a de 230 ah com descarga máxima de 50% para que não houvesse problemas de carregamento na bateria. Com o valor da insolação e da produção do sistema foi obtido um total necessário de 3 baterias para o bom funcionamento do sistema. O inversor de corrente foi escolhido de acordo com a potência pico do módulo, no valor de potência de 6.000 W. A fiação escolhida de acordo com a corrente do sistema foi de 7,0 mm². Em comparação Ronay e Dimitru (2015) para o funcionamento de uma estufa de 20 x 20 m utilizaram painéis de 2 kw e baterias de 500 ah para a produção de energia necessária para a estufa hidropônica planejada por eles.

A construção do abrigo das baterias, controlador e inversor de corrente foi planejado na dimensão de 2 m², construído com alvenaria para melhor proteção dos equipamentos contra as intemperes ambientais e possíveis furtos. Os custos de aquisição para o sistema foram detalhados na Tabela 56, assim como o total do valor necessário para a montagem do sistema de produção solar para atender o módulo produtivo.

Tabela 55: Orçamento dos materiais necessários para montagem do sistema off grid de produção de energia solar para bombeamento da água do poço para o mês de abril/2021.

Material	Qtd	Preço Unt	Preço
Painel solar fotovoltaico 550 w SS – 550 – 72 – MDH	10	R\$ 1.770,46	R\$ 17.704,60
Controlador 12/24 V 100 A de carga solar Pwm inteligente	1	R\$ 411,86	R\$ 411,86
Inversor de energia solar off grid 12 V Lucky, 6000W	1	R\$ 1.920,96	R\$ 1.920,96
Bateria estacionária 12 V, 230 ah Duracell energia solar Nobreak	3	R\$ 1.870,76	R\$ 5.612,29
Fio 7 mm ² flexível preto (m)	50	R\$ 16,62	R\$ 831,12
Caibro 5 x 5 cm em pinus	2	R\$ 13,92	R\$ 27,84
Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal, 11,5 x 19 x 19 cm	330	R\$ 0,78	R\$ 257,40
Cimento portland composto cp ii-32 (saco de 50 kg)	3	R\$ 32,90	R\$ 98,70
Telha fibrocimento 1,22 m x 1,10 m x 5 mm	2	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Mão – de – obra	1	R\$ 189,60	R\$ 189,60
Total			R\$ 27.174,40

Um módulo de produção hidropônica de 2.435 m² em Mato Grosso do Sul para a produção mista de alface, rúcula, couve-manteiga, agrião, coentro salsa

e hortelã, em que não foram detalhados os dados de produção, teve o sistema solar orçado por Souza et al. (2018) em R\$ 95.855,00 ou R\$ 39,36 por m². No caso do presente trabalho esse valor foi de R\$ 129,40 por m², infere-se que o acréscimo do valor do presente trabalho foi devido ao aumento dos insumos necessários para a montagem do sistema.

Para as profundidades de 40 m e 60 m, a potência requerida pela bomba foi superior aos de 20 m para bombeamento da água do poço, porém no dimensionamento do sistema de produção de energia solar, essa diferença de potência não mudou os componentes e valores do sistema a ser instalado e conseqüentemente não impactou significativamente nos valores de VPL e viabilidade nas condições analisadas.

O uso do dessalinizador requereu mais potência do sistema de produção de energia solar, conseqüentemente, aumentou significativamente os custos de montagem do sistema. Como visto a potência necessária e o tempo de uso demandou maior número de painéis solares e baterias para o correto funcionamento do sistema. A potência de pico 13.114,05 W com o valor necessário a ser produzido de 2.622,81 W h⁻¹. O número de painéis aumentou para 23. O controlador foi dimensionado para a corrente de 224 A e as baterias com a mesma capacidade e nível de descarga aumenta para 7 unidades.

O circuito foi dividido, pois para os valores de corrente necessários não se tem controladores e inversores disponíveis no mercado, no caso com dois circuitos idênticos aos dimensionado anteriormente e um sistema com os componentes dimensionados na Tabela 57. O valor total, do sistema de produção solar, para uso do dessalinizador, foi de R\$ 64.218,19 nas condições analisadas.

Tabela 56. Orçamento dos materiais necessários para montagem do sistema off grid de produção de energia solar para bombeamento da água do poço e seu complementar do dessalinizador para o mês de abril/2021.

Material	Qtd	Preço Unt	Preço
Painel solar fotovoltaico 550 w SS – 550 – 72 – MDH	4	R\$ 1.770,46	R\$ 7.081,84
Controlador 12/24 V 45 A de carga solar Pwm inteligente	1	R\$ 510,83	R\$ 510,83
Inversor de energia solar <i>off grid</i> 12 V, 3.000 W	1	R\$ 406,76	R\$ 406,76
Bateria estacionária 12 V, 230 ah Duracell energia solar Nobreak	1	R\$ 1.870,76	R\$ 1.870,76
Total			R\$ 9.870,19

O custo unitário variou de acordo com a água a ser utilizada na produção hidropônica, com os maiores verificados para o uso da água dessalinizada pois como visto para o uso dessa água, o sistema de produção de energia solar requer um maior dispêndio para montagem (Tabela 58).

Tabela 57. Valores do custo unitário para a produção do coentro hidropônico com as diferentes fontes de água com a utilização do sistema de produção de energia solar off-grid para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
		Custo unitário 1 módulo	Custo unitário 2 módulos	Custo unitário 1 módulo	Custo unitário 2 módulos	Custo unitário 1 módulo	Custo unitário 2 módulos
1,0	10	R\$ 1,18	R\$ 0,66	R\$ 1,36	R\$ 0,74	R\$ 1,20	R\$ 0,67
1,0	11	R\$ 1,08	R\$ 0,60	R\$ 1,24	R\$ 0,68	R\$ 1,10	R\$ 0,61
1,0	12	R\$ 1,00	R\$ 0,56	R\$ 1,15	R\$ 0,63	R\$ 1,01	R\$ 0,57
1,0	13	R\$ 0,93	R\$ 0,52	R\$ 1,06	R\$ 0,58	R\$ 0,94	R\$ 0,53
1,0	14	R\$ 0,87	R\$ 0,49	R\$ 1,00	R\$ 0,54	R\$ 0,88	R\$ 0,49
2,0	10	R\$ 1,28	R\$ 0,72	R\$ 1,36	R\$ 0,74	R\$ 1,30	R\$ 0,73
2,0	11	R\$ 1,17	R\$ 0,66	R\$ 1,24	R\$ 0,68	R\$ 1,19	R\$ 0,67
2,0	12	R\$ 1,08	R\$ 0,61	R\$ 1,15	R\$ 0,63	R\$ 1,10	R\$ 0,62
2,0	13	R\$ 1,01	R\$ 0,57	R\$ 1,06	R\$ 0,58	R\$ 1,03	R\$ 0,57
2,0	14	R\$ 0,95	R\$ 0,53	R\$ 1,00	R\$ 0,54	R\$ 0,96	R\$ 0,54
3,0	10	R\$ 1,40	R\$ 0,78	R\$ 1,36	R\$ 0,74	R\$ 1,43	R\$ 0,80
3,0	11	R\$ 1,29	R\$ 0,72	R\$ 1,24	R\$ 0,68	R\$ 1,31	R\$ 0,73
3,0	12	R\$ 1,19	R\$ 0,67	R\$ 1,15	R\$ 0,63	R\$ 1,21	R\$ 0,68
3,0	13	R\$ 1,11	R\$ 0,62	R\$ 1,06	R\$ 0,58	R\$ 1,13	R\$ 0,63
3,0	14	R\$ 1,04	R\$ 0,58	R\$ 1,00	R\$ 0,54	R\$ 1,05	R\$ 0,59
4,0	10	R\$ 1,55	R\$ 0,87	R\$ 1,36	R\$ 0,74	R\$ 1,58	R\$ 0,88
4,0	11	R\$ 1,42	R\$ 0,80	R\$ 1,24	R\$ 0,68	R\$ 1,45	R\$ 0,81
4,0	12	R\$ 1,32	R\$ 0,74	R\$ 1,15	R\$ 0,63	R\$ 1,34	R\$ 0,75
4,0	13	R\$ 1,22	R\$ 0,69	R\$ 1,06	R\$ 0,58	R\$ 1,25	R\$ 0,70
4,0	14	R\$ 1,15	R\$ 0,64	R\$ 1,00	R\$ 0,54	R\$ 1,17	R\$ 0,65

(Conclusão)

CE _a	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
		Custo unitário 1 módulo	Custo unitário 2 módulos	Custo unitário 1 módulo	Custo unitário 2 módulos	Custo unitário 1 módulo	Custo unitário 2 módulos
5,0	10	R\$ 1,74	R\$ 0,97	R\$ 1,36	R\$ 0,74	R\$ 1,77	R\$ 0,99
5,0	11	R\$ 1,59	R\$ 0,89	R\$ 1,24	R\$ 0,68	R\$ 1,62	R\$ 0,90
5,0	12	R\$ 1,47	R\$ 0,82	R\$ 1,15	R\$ 0,63	R\$ 1,50	R\$ 0,84
5,0	13	R\$ 1,37	R\$ 0,77	R\$ 1,06	R\$ 0,58	R\$ 1,39	R\$ 0,78
5,0	14	R\$ 1,28	R\$ 0,72	R\$ 1,00	R\$ 0,54	R\$ 1,30	R\$ 0,73

Como nos outros estudos anteriores o aumento da condutividade elétrica da água reduziu significativamente o valor do VPL com o módulo planejado. Para a água dessalinizada os custos inviabilizam a montagem do módulo nas condições analisadas para os ciclos de 10, 11, 12 e 13 para qualquer condutividade elétrica da água utilizada (Tabela 59).

O uso direto da água salobra reduz o valor necessário para a montagem do sistema de produção de energia solar, o que resultou em melhores resultados de probabilidade e valores do VPL até a condutividade elétrica da água de 2,0 dS m⁻¹ em relação à Osmose Reversa. Já o uso da água captada da chuva mistura com a salobra os valores melhoram em relação ao uso da água salobra.

A energia solar com o sistema off grid permite uma autossuficiência e independência em relação ao sistema de fornecimento público de energia, porém os custos e a eficiência dos painéis ainda podem se configurar como barreiras para utilização desse sistema. Ressaltando que o sistema on grid não foi dimensionado pela mudança futura na legislação prevista para o 2023.

Os valores para dois módulos de produção melhoraram como já era esperado devido a dissolução principalmente do custo da mão-de-obra. Com os dois módulos a água dessalinizada por Osmose Reversa obteve a viabilidade mesmo para 12, 13 e 14 ciclos de produção até para a condutividade 5,0 dS m⁻¹. Já com o uso direto da água salobra, não se obteve viabilidade para 10 ciclos de produção para nenhuma condutividade elétrica da água analisada (Tabela 60).

Como comparação, Souza e Gimenes (2018) encontraram o valor de VPL de R\$ 190.261,83 para a produção mista de diversas hortaliças na estufa de produção localizada em Mato Grosso do Sul. Khattab et al. (2016) encontraram viabilidade econômica para uma estufa hidropônica com uso da energia solar no Egito no valor de US\$ 13.113,00 ou R\$ 74.744,10 para a cotação de abril/2021. Ambos os casos com o uso da energia solar.

Tabela 58: Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” e água salobra captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades para um módulo de produção para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Módulos	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
1,0	1	10	16,82%	-R\$ 36.410,95	0,80%	-R\$ 86.932,00	19,70%	-R\$ 33.236,64
1,0	1	11	39,28%	-R\$ 11.244,40	11,08%	-R\$ 57.478,96	39,78%	-R\$ 8.850,23
1,0	1	12	61,50%	R\$ 13.736,93	27,40%	-R\$ 29.947,74	62,66%	R\$ 16.652,95
1,0	1	13	79,32%	R\$ 39.810,47	46,46%	-R\$ 1.877,51	79,52%	R\$ 42.287,28
1,0	1	14	90,00%	R\$ 63.920,44	68,32%	R\$ 27.885,30	90,26%	R\$ 65.782,30
2,0	1	10	3,48%	-R\$ 57.964,07	0,60%	-R\$ 87.063,43	8,82%	-R\$ 47.697,35
2,0	1	11	17,90%	-R\$ 36.579,35	10,10%	-R\$ 58.555,38	27,32%	-R\$ 23.702,18
2,0	1	12	36,60%	-R\$ 12.322,38	27,34%	-R\$ 30.536,02	47,00%	-R\$ 2.333,81
2,0	1	13	56,80%	R\$ 10.377,54	45,50%	-R\$ 2.392,56	67,22%	R\$ 21.133,47
2,0	1	14	74,64%	R\$ 35.062,45	66,66%	R\$ 27.459,95	81,44%	R\$ 44.469,60
3,0	1	10	0,00%	-R\$ 80.384,88	0,44%	-R\$ 88.876,46	3,42%	-R\$ 60.600,83
3,0	1	11	3,92%	-R\$ 59.905,98	9,24%	-R\$ 58.992,55	15,00%	-R\$ 39.145,37
3,0	1	12	15,58%	-R\$ 39.428,60	26,38%	-R\$ 30.646,19	30,06%	-R\$ 19.756,65
3,0	1	13	32,74%	-R\$ 17.501,22	44,99%	-R\$ 3.357,31	50,08%	R\$ 131,02
3,0	1	14	51,08%	R\$ 3.337,09	66,30%	R\$ 26.748,91	61,54%	R\$ 21.754,36
4,0	1	10	0,00%	-R\$ 102.693,12	0,40%	-R\$ 89.104,46	0,00%	-R\$ 74.445,70
4,0	1	11	0,00%	-R\$ 84.656,68	9,01%	-R\$ 60.446,03	5,76%	-R\$ 55.751,96
4,0	1	12	1,68%	-R\$ 64.801,22	25,88%	-R\$ 32.102,06	16,60%	-R\$ 37.813,37
4,0	1	13	10,04%	-R\$ 46.984,73	44,02%	-R\$ 3.596,71	31,82%	-R\$ 19.082,73
4,0	1	14	24,46%	-R\$ 29.227,41	64,80%	R\$ 24.024,68	46,74%	-R\$ 1.002,75

(Conclusão)

CE _a	Módulos	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
5,0	1	10	0,00%	-R\$ 125.390,82	0,36%	-R\$ 89.595,93	0,00%	-R\$ 88.280,24
5,0	1	11	0,00%	-R\$ 108.673,00	8,89%	-R\$ 61.697,17	0,42%	-R\$ 71.632,81
5,0	1	12	0,00%	-R\$ 91.365,77	25,60%	-R\$ 32.464,22	5,74%	-R\$ 54.878,16
5,0	1	13	0,00%	-R\$ 75.545,07	43,89%	-R\$ 4.269,59	14,74%	-R\$ 39.575,44
5,0	1	14	4,42%	-R\$ 60.285,60	64,18%	R\$ 23.289,46	28,02%	-R\$ 23.916,09

Tabela 59: Probabilidade de viabilidade e esperança do Valor Presente Líquido (VPL) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” e água salobra captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades para dois módulos de produção para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Módulos	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
1,0	2	10	47,74%	-R\$ 108,26	12,38%	-R\$ 104.377,13	50,80%	R\$ 5.501,26
1,0	2	11	72,08%	R\$ 49.229,75	31,02%	-R\$ 43.617,21	72,20%	R\$ 53.126,21
1,0	2	12	87,28%	R\$ 98.999,11	53,92%	R\$ 13.383,79	88,90%	R\$ 104.551,23
1,0	2	13	95,38%	R\$ 152.076,31	73,50%	R\$ 70.856,60	95,72%	R\$ 156.565,08
1,0	2	14	99,28%	R\$ 201.295,78	87,58%	R\$ 129.727,50	99,54%	R\$ 205.356,29
2,0	2	10	26,14%	-R\$ 42.438,06	11,50%	-R\$ 105.059,10	36,50%	-R\$ 21.284,18
2,0	2	11	48,62%	R\$ 636,00	29,50%	-R\$ 45.112,06	60,40%	R\$ 22.378,43
2,0	2	12	85,68%	R\$ 92.477,61	52,00%	R\$ 11.261,48	79,70%	R\$ 68.694,22

(Conclusão)

CE _a	Módulos	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
			Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL	Prob de viabilidade	Esperança VPL
2,0	2	13	10,04%	-R\$ 46.984,73	72,80%	R\$ 68.795,69	91,18%	R\$ 115.587,93
2,0	2	14	93,98%	R\$ 138.823,74	86,38%	R\$ 128.029,42	96,16%	R\$ 161.340,47
3,0	2	10	7,88%	-R\$ 87.285,04	10,72%	-R\$ 105.918,23	24,20%	-R\$ 49.115,32
3,0	2	11	24,96%	-R\$ 47.263,32	29,10%	-R\$ 46.883,54	44,04%	-R\$ 8.608,52
3,0	2	12	45,90%	-R\$ 7.534,53	51,80%	R\$ 10.322,14	65,94%	R\$ 33.021,38
3,0	2	13	67,30%	R\$ 35.493,88	71,76%	R\$ 68.442,74	80,74%	R\$ 76.880,75
3,0	2	14	80,82%	R\$ 77.581,08	86,26%	R\$ 126.138,96	89,38%	R\$ 117.497,11
4,0	2	10	0,00%	-R\$ 131.861,49	10,52%	-R\$ 106.954,50	12,74%	-R\$ 76.060,52
4,0	2	11	5,82%	-R\$ 95.753,85	28,90%	-R\$ 48.881,75	27,56%	-R\$ 38.970,38
4,0	2	12	20,00%	-R\$ 57.979,61	51,36%	R\$ 9.028,80	47,60%	-R\$ 662,46
4,0	2	13	35,76%	-R\$ 20.723,21	71,48%	R\$ 65.526,88	63,94%	R\$ 32.120,63
4,0	2	14	55,96%	R\$ 12.312,54	85,98%	R\$ 124.912,68	79,54%	R\$ 70.002,87
5,0	2	10	0,00%	-R\$ 176.980,88	10,26%	-R\$ 109.656,57	4,56%	-R\$ 101.441,46
5,0	2	11	0,00%	-R\$ 143.684,82	28,82%	-R\$ 49.622,66	14,58%	-R\$ 70.071,49
5,0	2	12	2,56%	-R\$ 111.753,44	49,70%	R\$ 8.177,02	29,62%	-R\$ 38.828,62
5,0	2	13	11,92%	-R\$ 79.856,19	71,00%	R\$ 63.913,32	45,84%	-R\$ 7.859,58
5,0	2	14	25,34%	-R\$ 45.620,60	84,44%	R\$ 120.527,76	61,62%	R\$ 27.030,29

Para a condutividade elétrica superior a $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, o uso do dessalinizador obteve maiores valores do BLA anual, porém seus valores só foram positivos para o número de ciclos de 13 e 14. O uso da água salobra não tem valores positivos para 10 ciclos de produção com nenhuma das condutividades analisadas. Os dados com a captação da água da chuva mostram que o uso combinado das duas águas obteve redução em relação ao uso direto da água salobra (Tabela 61).

Os valores de Payback Descontado (PBD) mostraram que a partir de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$, com 10 e 11 ciclos de produção, o valor do PBD foi superior aos 10 anos planejados, sendo que para a $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ (quando foi possível o cálculo) todos os ciclos obtiveram valores calculados de PD superiores aos 10 anos planejados. Com o uso da água dessalinizada por Osmose Reversa, valores acima dos 10 anos só foram obtidos para 10 e 11 ciclos de produção (Tabela 62). Em comparação para uso da água doce, Ronay e Dimitru (2015) com o uso do sistema de produção de energia solar na Romênia encontraram um Payback de 6 anos para a produção hidropônica com a energia solar.

Os valores da Taxa Interna de Retorno (TIR) demonstraram que o uso da energia solar tem melhores valores de TIR para o uso direto da água salobra e a água pluvial misturada em comparação com a água dessalinizada até a condutividade de $2,0 \text{ dS m}^{-1}$. Para 10 e 11 ciclos, de produção a TIR não foi superior a Taxa Mínima de Atratividade para nenhuma das fontes de água analisadas (Tabela 63). Souza et al. (2018) encontraram uma TIR de 20,90% para o empreendimento hidropônico para a produção de diversas hortaliças inclusive o coentro, valor esse que só foi alcançado para 12 ou mais ciclos de produção independente da fonte de água e condutividade elétrica da água.

Tabela 60. Benefício Líquido Anual (BLA) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” e água salobra captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades para um e dois módulos de produção para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
		BLA 1 módulo	BLA 2 módulos	BLA 1 módulo	BLA 2 módulos	BLA 1 módulo	BLA 2 módulos
1,0	10	-R\$ 1.933,74	R\$ 9.162,36	-R\$ 11.088,45	-R\$ 9.249,03	-R\$ 2.806,17	R\$ 7.081,46
1,0	11	R\$ 2.480,68	R\$ 18.193,13	-R\$ 5.974,50	R\$ 1.277,78	R\$ 1.657,51	R\$ 16.234,59
1,0	12	R\$ 7.044,02	R\$ 27.035,14	-R\$ 497,49	R\$ 11.346,66	R\$ 6.206,92	R\$ 25.231,56
1,0	13	R\$ 11.532,08	R\$ 35.800,21	R\$ 4.482,02	R\$ 21.927,96	R\$ 10.682,07	R\$ 34.336,92
1,0	14	R\$ 16.074,19	R\$ 44.579,48	R\$ 9.638,08	R\$ 31.496,48	R\$ 14.909,52	R\$ 43.189,05
2,0	10	-R\$ 5.828,01	R\$ 1.257,04	-R\$ 11.188,65	-R\$ 9.493,06	-R\$ 6.634,52	-R\$ 407,17
2,0	11	-R\$ 1.702,48	R\$ 9.306,62	-R\$ 6.074,62	R\$ 877,70	-R\$ 2.625,94	R\$ 7.495,82
2,0	12	R\$ 2.222,81	R\$ 17.265,84	-R\$ 886,02	R\$ 10.784,66	R\$ 1.553,09	R\$ 15.896,80
2,0	13	R\$ 6.515,34	R\$ 25.728,37	R\$ 4.337,24	R\$ 21.475,28	R\$ 5.537,55	R\$ 23.952,45
2,0	14	R\$ 10.525,72	R\$ 33.708,87	R\$ 9.365,95	R\$ 31.417,99	R\$ 9.396,09	R\$ 32.063,61
3,0	10	-R\$ 9.745,71	-R\$ 6.776,01	-R\$ 11.201,67	-R\$ 9.785,48	-R\$ 10.717,35	-R\$ 8.270,20
3,0	11	-R\$ 6.069,49	R\$ 969,21	-R\$ 6.147,26	R\$ 671,44	-R\$ 7.047,66	-R\$ 1.213,90
3,0	12	-R\$ 2.368,58	R\$ 8.158,22	-R\$ 996,41	R\$ 10.563,02	-R\$ 3.285,15	R\$ 6.077,70
3,0	13	R\$ 1.264,68	R\$ 15.537,49	R\$ 4.125,72	R\$ 21.060,92	R\$ 385,89	R\$ 13.507,53
3,0	14	R\$ 4.853,43	R\$ 22.782,39	R\$ 9.084,92	R\$ 31.158,58	R\$ 3.995,42	R\$ 20.998,39
4,0	10	-R\$ 13.672,06	-R\$ 14.511,82	-R\$ 11.404,26	-R\$ 9.855,54	-R\$ 14.534,12	-R\$ 16.173,59
4,0	11	-R\$ 10.417,63	-R\$ 7.525,61	-R\$ 6.343,07	R\$ 331,98	-R\$ 11.240,39	-R\$ 9.756,21
4,0	12	-R\$ 7.074,82	-R\$ 1.285,15	-R\$ 1.213,68	R\$ 10.184,44	-R\$ 7.955,10	-R\$ 3.139,17
4,0	13	-R\$ 803,61	R\$ 5.097,75	R\$ 3.993,48	R\$ 20.936,87	-R\$ 4.827,29	R\$ 3.594,91
4,0	14	-R\$ 371,07	R\$ 11.608,89	R\$ 8.804,31	R\$ 30.797,02	-R\$ 1.464,99	R\$ 9.933,65
5,0	10	-R\$ 17.666,58	-R\$ 6.776,01	-R\$ 11.567,51	-R\$ 9.925,89	-R\$ 18.478,38	-R\$ 24.014,40

(Conclusão)

CE_a	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
		BLA 1 módulo	BLA 2 módulos	BLA 1 módulo	BLA 2 módulos	BLA 1 módulo	BLA 2 módulos
5,0	11	-R\$ 14.667,41	R\$ 969,21	-R\$ 6.407,36	R\$ 129,12	-R\$ 15.695,08	-R\$ 18.271,57
5,0	12	-R\$ 11.650,91	R\$ 8.158,22	-R\$ 1.401,58	R\$ 9.961,82	-R\$ 12.726,39	-R\$ 12.493,75
5,0	13	-R\$ 8.907,20	R\$ 15.537,49	R\$ 3.660,11	R\$ 20.893,85	-R\$ 9.871,50	-R\$ 6.921,98
5,0	14	-R\$ 6.154,28	R\$ 22.782,39	R\$ 8.744,51	R\$ 30.562,07	-R\$ 7.043,72	-R\$ 1.304,47

Tabela 61. Payback Descontado (PD) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” e água salobra captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades para um e dois módulos de produção para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
		PD 1 módulo	PD 2 módulos	PD 1 módulo	PD 2 módulos	PD 1 módulo	PD 2 módulos
1,0	10	9,8	7,1	16,0	10,6	10,4	7,7
1,0	11	8,1	4,9	9,9	8,2	8,5	5,3
1,0	12	5,8	3,5	7,8	5,7	5,9	3,8
1,0	13	4,2	2,5	6,0	4,3	4,4	2,8
1,0	14	3,0	1,6	4,6	3,3	3,3	1,7
2,0	10	13,5	9,4	16,2	10,6	15,4	9,6
2,0	11	10,4	6,7	9,9	8,2	10,3	7,3
2,0	12	7,9	5,1	8,0	6,0	8,1	5,5
2,0	13	5,9	3,7	6,2	4,3	6,3	4,1
2,0	14	4,5	2,8	4,6	3,3	4,7	2,9
3,0	10	22,0	11,4	16,2	10,7	26,5	12,9
3,0	11	14,1	9,5	10,0	8,3	14,7	9,7
3,0	12	10,5	7,3	8,0	6,0	10,5	7,6
3,0	13	8,1	5,3	6,3	4,4	9,0	5,9
3,0	14	6,6	4,10	4,8	3,5	7,0	4,5
4,0	10	-*	19,7	16,6	10,7	-*	21,4
4,0	11	26,6	12,7	10,0	8,3	30,7	14,0
4,0	12	14,4	10,1	8,1	6,2	16,9	10,6
4,0	13	11,3	8,3	6,3	4,4	11,8	8,7
4,0	14	9,0	6,2	4,8	3,5	9,2	6,8
5,0	10	-*	11,4	16,6	10,8	-*	-*

(Conclusão)

CE _a	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
		PD 1 módulo	PD 2 módulos	PD 1 módulo	PD 2 módulos	PD 1 módulo	PD 2 módulos
5,0	11	-*	9,5	10,2	8,4	-*	27,0
5,0	12	76,3	7,3	8,1	6,2	-*	15,3
5,0	13	18,4	5,3	6,6	4,5	22,0	12,1
5,0	14	13,4	4,1	4,9	3,6	13,9	9,9

* Não foi possível calcular o valor do Payback Descontado para a situação.

Tabela 62. Taxa Interna de Retorno (TIR) para a produção no módulo hidropônico planejado com água “doce” e água salobra captada do poço, para os diferentes ciclos e profundidades para um e dois módulos de produção para o mês de abril/2021.

(Continua)

CE _a	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
		TIR 1 módulo	TIR 2 módulos	TIR 1 módulo	TIR 2 módulos	TIR 1 módulo	TIR 2 módulos
1,0	10	3,83%	15,25%	-1,62%	2,22%	-1,46%	12,45%
1,0	11	6,47%	25,22%	3,43%	6,50%	6,36%	23,15%
1,0	12	18,20%	46,33%	7,07%	15,40%	17,15%	40,53%
1,0	13	34,72%	62,28%	10,67%	45,46%	32,84%	61,14%
1,0	14	47,12%	87,89%	47,73%	58,56%	42,02%	83,43%
2,0	10	0,40%	8,19%	-1,89%	1,98%	-2,14%	4,54%
2,0	11	3,36%	17,49%	3,03%	6,37%	1,10%	11,62%
2,0	12	11,43%	24,50%	6,84%	14,79%	9,65%	26,65%
2,0	13	22,66%	41,18%	9,99%	44,69%	21,86%	36,30%
2,0	14	34,72%	64,82%	47,03%	57,66%	32,92%	61,56%
3,0	10	0,02%	1,36%	-2,01%	1,11%	-3,12%	-2,97%

(Conclusão)

CE _a	Ciclos	Uso direto da água salobra		Água dessalinizada		Água da chuva mais salobra	
		TIR 1 módulo	TIR 2 módulos	TIR 1 módulo	TIR 2 módulos	TIR 1 módulo	TIR 2 módulos
3,0	11	1,89%	7,85%	2,87%	5,74%	-0,42%	6,61%
3,0	12	5,71%	14,06%	6,44%	14,05%	1,41%	12,36%
3,0	13	10,40%	28,79%	9,21%	43,71%	8,83%	21,28%
3,0	14	17,53%	41,71%	46,21%	56,98%	18,74%	39,12%
4,0	10	-*	-0,06%	-3,00%	0,79%	-*	-*
4,0	11	-1,01%	0,99%	1,94%	5,05%	-0,91%	0,09%
4,0	12	-0,20%	7,90%	5,87%	13,24%	-0,72%	7,74%
4,0	13	4,55%	11,05%	8,47%	42,21%	3,38%	9,80%
4,0	14	8,56%	18,61%	45,11%	56,04%	7,35%	12,21%
5,0	10	-*	-*	-4,12%	-0,54%	-*	-*
5,0	11	-*	-*	0,98%	4,91%	-*	-*
5,0	12	-*	-*	4,86%	13,12%	-*	-0,60%
5,0	13	-2,65%	3,86%	7,74%	42,08%	-*	2,25%
5,0	14	-1,35%	10,22%	44,01%	12,41%	-2,32	5,28%

* Não foi possível calcular o valor da Taxa Interna de Retorno para a situação.

O sistema de produção de energia solar off grid proporciona independência e autonomia do módulo produtivo em relação ao sistema de energia elétrica público, contudo na análise verificou-se que o aumento dos custos de produção com a aquisição do sistema dificulta a viabilidade do módulo produtivo, em que foram necessários mais ciclos de produção para que o módulo obtivesse viabilidade de acordo com os indicadores econômicos analisados.

Ronay e Dimitru (2015) consideravam essencial a análise do uso de outras fontes de energia para a sustentabilidade da produção especialmente a hidropônica. Xu et al. (2022) também consideram essencial a busca por outras matrizes energéticas, porém chama a atenção que os painéis ainda possuem preços elevados, o que dificulta a adoção desse sistema, principalmente para produtores hidropônicos que em sua maioria são pequenos produtores.

5. CONCLUSÕES

1. Os dados simulados mostraram que não foi viável a produção hidropônica do coentro no módulo planejado com a água de $5,0 \text{ dS m}^{-1}$.
2. O uso da Osmose Reversa, na análise realizada, só inviabilizou a produção no módulo planejado para 10 ciclos de produção para todas as condutividades elétricas da água analisadas.
3. O estudo mostrou que foi viável para todas as situações analisadas o uso da água tratada pela EMBASA, mesmo com o pagamento da tarifa cobrada pela empresa.
4. O uso combinado da água salobra e da água captada da chuva aumentou a viabilidade do módulo hidropônico planejado para a situação analisada.
5. O aumento da profundidade de bombeamento da água diminuiu os valores dos indicadores econômicos, conseqüentemente da viabilidade da produção hidropônica do coentro.
6. O segundo módulo e maior número dos ciclos de produção aumentaram os valores dos indicadores econômicos para todas as águas e fontes de energias analisadas devido a diluição dos custos fixos e ganho da economia de escala.
7. Os custos da produção da energia solar impactaram na redução da viabilidade do módulo hidropônico para a produção do coentro.

Considerações sobre os estudos realizados

A análise realizada mostrou que a hidroponia é uma importante técnica de produção na tentativa de ser uma alternativa econômica para utilização de água salobra diretamente na produção. Pode ser utilizada como vetor de geração de e distribuição de renda. Contudo, é necessário, como em qualquer área da produção e do conhecimento, maior capacitação profissional e aprofundamento no conhecimento técnico de produção. Vale ressaltar que o coentro é uma cultura dotada de potencial produtivo e comercial, com ciclo rápido que permite o retorno do capital.

Segundo Ferreira Filho et al. (2017), para a realização de uma avaliação econômica completa e adequada, faz-se necessário utilizar diversos métodos econômicos em conjunto, visando estabelecer uma análise que englobe as singularidades de cada projeto. Os diversos indicadores financeiros foram utilizados na análise do trabalho, justamente para garantir que a análise seria mais global possível dentro das diversas nuances do projeto.

Os economistas acreditam que a análise econômica é uma ferramenta útil para ajudar os tomadores de decisão a avaliar o melhor o impacto das políticas socioeconômicas. A análise dos custos-benefícios pode ajudar os tomadores de decisão a selecionar políticas com benefícios sociais líquidos positivos, avaliar o valor potencial de novas informações (Hahn e Dudley, 2020).

Vale ressaltar que os lucros com um projeto hidropônico podem ir além do econômico. Segundo Castiblanco (2016), um projeto hidropônico de 10 anos realizado em um presídio feminino, avaliado com uma taxa mínima de retorno de 12%, obteve custos operacionais anuais superiores ao investimento inicial e apesar dos altos custos de investimento, operação e manutenção, o fluxo econômico líquido foi positivo tornando essa proposta econômica e socialmente lucrativa.

A hidroponia economicamente falando é também uma importante técnica para uso de águas consideradas marginais para uso na irrigação tradicional, garantido meios de obtenção de renda e produção de alimentos.

6. REFERÊNCIAS

- ABDELMAWGOUD, S. M. S.; AZIZ, H. H. A.; SHIBL, A. A. A.; QABEEL, M. A. S. Comparative Economic Study of Tomato Production by Hydroponics and Conventional Agriculture (With Soil) in Greenhouses: A Case Study in the Nubaria Region. **Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology**, p. 126-40, 2021.
- ALBUQUERQUE, E. R. G. M. e MESQUITA, J. C. P. Panorama do cultivo hidropônico na Região Nordeste do Brasil. In: BEZERRA NETO, E. (org.) **Cadernos do Semiárido: Riquezas e oportunidades. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Pernambuco**, v.6, n.6. (jul./ago. 2016) Recife: EDUFRPE, 2017.
- ALJUWAISSERI, A.; ALEISA, E.; ALSHAYJI, K. Environmental and economic analysis for desalinating seawater of high salinity using reverse osmosis: a life cycle assessment approach. **Environment, Development and Sustainability**, p. 1-36, 2022.
- ALMEIDA, R. P.; DOS SANTOS MARTINS, B.; PALHETA, I. C.; DE PAULA, M. T. Viabilidade econômica do cultivo de hortaliças em sistema hidropônico em Cametá-pa. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 6, n. 2, 2016.
- AMORIM, M. C. C., PORTO, E. R., SILVA JÚNIOR, L. G. A. Evaporação solar como alternativa de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa. In: **Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 27**. ABES, 2000. p. 1-5 Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/i-007.pdf>.
- AMORIM, M. C. C.; PORTO, E. R.; SILVA JÚNIOR, L. G. A. Alternativas de reuso dos efluentes da dessalinização por osmose inversa: evaporação solar e meio líquido para cultivo de, 2004. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21 Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental, 4**. ABES, 2004. p. 1-7. Disponível em: <http://www.paho.org/hq/index.php?lang=pt>. Acesso em: 10 março 2019.
- ANDRADE, J. A.; NUNES, M. A. Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região. **Revista Espinhaço**, v. 3, n. 2, p. 28-39, 2017.
- ANDRADE, L. M. N. Custeio sequência na produção de hortaliças produzidas em sistema hidropônico no município de Presidente Médici-RO, Amazônia legal, Brasil. **XIV Congresso Internacional de Custos**. 2015. Disponível em: <https://www.intercostos.org/documentos/congreso-14/35.pdf>. Acesso em: 19 maio 2019.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Normas técnica 15527. Água de chuva – Aproveitamento de coberturas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 12p, 2007.

ATAB, M. S.; SMALLBONE, A. J.; ROSKILLY, A. P. An operational and economic study of a reverse osmosis desalination system for potable water and land irrigation. **Desalination**, v. 397, p. 174-184, 2016.

BALQIAH, T. E.; PARDYANTO, A.; ASTUTI, R. D.; MUKHTAR, S. Understanding how to increase hydroponic attractiveness: Economic and ecological benefit. **E3S Web of Conferences**. v.211, n.01, p. 15, 2020.

BASHABSHEH, K.; AL-TABBAL, J.; BANI-HANI, N.; QRUNFLEH, I.; HADDAD, M.; AL-EINEIN, S. A. Production of sage (*Salvia officinalis* L.) in a hydroponics system using brackish water at low cost. **Irrigation and Drainage**, v. 70, n. 5, p. 1172-1182, 2021.

BEZERRA NETO, E.; PAES, L. B. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 8, n. 1, p. 107-137, 2013.

BRITO, T. M. D.; SILVA, A M. C. Taxa de sobrevivência de tilápia *Oreochromis niloticus* em tanque de decantação com águas salobras em sistema intensivo de cultivo / Tilapia survival rate (*Oreochromis niloticus*) in decantation tank with brackish waters on intensive growing system. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 2, n. 2, p. 40-50, 2014.

CARARETO, E. S., JAYME, G., TAVARES, M. P. Z., & VALE, V. P. Gestão estratégica de custos: custos na tomada de decisão. **Revista de Economia da UEG**, v. 2, n. 2, p. 1-24, 2006.

CARDOSO, M. P. **Viabilidade do aproveitamento de água de chuva em zonas urbanas: estudo de caso no município de Belo Horizonte**. Dissertação. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais. 2009. 190p.

CARVALHO, H. P., ARMIGLIATO, A., ALMEIDA, L. L., CORREIA, A. R., & DE MUSIS, C. R. Análise probabilística de colisões veiculares pelo método de Monte Carlo. **Revista Brasileira de Criminalística**, v. 5, n. 1, p. 46-50, 2016.

CASTIBLANCO, A. Cultivos hidropónicos como propuesta rehabilitadora en equipamientos penitenciarios femeninos. Especialización en gerencia integral de proyectos, Universidad Militar Nueva Granada. (2016). Online: <https://bit.ly/34QqmtY>.

CAVALCANTE, A. R., JÚNIOR, J. A. S., GHEYI, H. R., DA SILVA DIAS, N., & DA SILVA PAZ, V. P. Produção e composição mineral do coentro em sistema hidropônico de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 685-696, 2016.

CIFUENTES-TORRES, L.; MENDOZA-ESPINOSA, L. G.; CORREA-REYES, G.; DAESSLÉ, L. W. Hydroponics with wastewater: a review of trends and opportunities. **Water and Environment Journal**, v. 35, n. 1, p. 166-180, 2021.

CIRILO, J.A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos Avançados**, n. 22(63), 61-82, 2008.

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. **Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, v. 9, 2008.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº. 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 19 de janeiro de 2022.

CONTE, R. M.; DOS SANTOS, R. C. Viabilidade de produção sustentável de morango em sistema semi-hidropônico no município de Paim Filho/RS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 385-403, 2017.

COSTA, J. S.; JUNQUEIRA, A. M. R. Diagnóstico do cultivo hidropônico de hortaliças na região do Distrito Federal. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 49-52, 2000.

COSTA, L. F., SOARES, T. M., DA SILVA, M. G., MODESTO, F. J. N., DE ANDRADE QUEIROZ, L., & DE SOUZA PEREIRA, J. Crescimento e produção da couve-flor em hidroponia com águas salobras. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 1060-1070, 2020.

COSTA, W. P.; LIMA OLIVEIRA, D.; COSTA, R. F.; SILVESTRE, R. P. Sistema de produção hidropônico: Proposta de fluxo contábil de acordo com o cpc 29. **Revista Ambiente Contábil**, v. 10, n. 1, p. 329-346, 2018.

COUTO, J.S.C. **Simulação da produção hidropônica usando águas pluviais e salobras**. Dissertação. Cruz das Almas. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. 2022. 104p.

DOS SANTOS, M.; CARVALHO, C.; DIAS, F. D. C.; DOS REIS, M. F.; RAMOS, J. C. Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Captação de Água da Chuva: Estudo de Caso de uma Indústria de Refrigerantes. In. **Encontro Internacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, 2016.

FERREIRA FILHO, R. A.; RYBA, A.; LENZI, M. K. Decisões em projetos de investimentos: discussões acerca do método da TIR. **Revista de Economia**, v. 42, n. 78, p. 354-386, 2021.

FRITZMANN, C.; LÖWENBERG, J.; WINTGENS, T.; MELIN, T. State-of-the-art of reverse osmosis desalination. **Desalination**, v. 216, n. 1-3, p. 1-76, 2007.

FRIZZONE, J. A.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Planejamento de irrigação: análise de decisão de investimento**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 626 p.

FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia-NFT**. Campinas: IAC, 1998.30p. (IAC. Boletim Técnico, 168).

GAIKWAD, D. J.; MAITRA, S. Hydroponics Cultivation of Crops. **Protected Cultivation and Smart Agriculture**, p. 279-287, 2020.

GARG, M. C.; JOSHI, H. Optimization and economic analysis of small scale nanofiltration and reverse osmosis brackish water system powered by photovoltaics. **Desalination**, v. 353, p. 57-74, 2014.

GNADLINGER, J. Tecnologias de captação e manejo de água de chuva em regiões semiáridas. In. **Tecnologias Apropriadas para Terras Secas-Manejo sustentável de recursos naturais em regiões semiáridas no Nordeste do Brasil**, p. 103-122, 2006.

GOMES, P. D. **Diagnóstico do cultivo hidropônico no Estado de Goiás**. Dissertação. Goiânia. Universidade Federal de Goiás, 2015. 75p.

GOMES, U. A. F.; DOMÈNECH, L.; PENA, J. L.; HELLER, L.; PALMIER, L. R. A captação de água de chuva no Brasil: novos aportes a partir de um olhar internacional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 1, p. 7-16, 2014.

GOZZI, E. M.; PAIXÃO, M. A. S. Viabilidade econômica de duas hortas hidropônicas na área urbana da cidade de São Paulo. **Revista IPecege**, v. 3, n. 4, p. 12-21, 2017.

GUERRA, A. M.; NEGRÃO, F. I. Domínios Hidrogeológicos do Estado da Bahia. **Anais do IX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Salvador, 1996.

HACURA, A; JADAMUS-HACURA, A, M.; KOCOT, A. Risk analysis in investment appraisal based on the Monte Carlo simulation technique. **The European. Physical. Journal. B**. v. 20, p. 551–553, set. 2001.

HAHN, R. W.; DUDLEY, P. M. How well does the US Government do benefit-cost analysis? **Review of Environmental Economics and Policy**, v.1, n.1, p. 192-211, 2020.

HIDROGOOD. Disponível em: <https://hidrogood.com.br/>. Acesso em: 16 maio 2020.

HUY, Đ. Đ.; THUYỀN, P. T.; ÂU, Đ. T. H.; GIANG, T. T.; MY, N. T. T. Economic analysis of soil-based and soilless farming systems: a case study from Da Lat city. **Dalat University Journal of Science**, v. 10, n. 4, p. 141-156, 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Normais climatológicas, balanço hídrico**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas> . Acesso em 14 maio 2019.

JIMÉNEZ-ARIAS, D., SIERRA, S. M., GARCÍA-MACHADO, F. J., GARCÍA-GARCÍA, A. L., BORGES, A. A., & LUIS, J. C. Exploring the agricultural reutilisation of desalination reject brine from reverse osmosis technology. **Desalination**, v. 529, p. 115644, 2022.

JONES, M. A.; ODEH, I.; HADDAD, M.; MOHAMMAD, A. H.; QUINN, J. C. Economic analysis of photovoltaic (PV) powered water pumping and desalination without energy storage for agriculture. **Desalination**, v. 387, p. 35-45, 2016.

JOVANOVIĆ, PETAR. Application of sensitivity analysis in investment Project evaluation under uncertainty and risk. **International Journal of Project Management**. v. 17, n. 4, p. 217-222, 1999.

JUAN, J. A. M. S. **Desalación de aguas salobres y de mar. Osmose inversa**. Madrid: Mundi-Prensa. 2000. 395p.

JURGA, A.; PACAK, A.; PANDELIDIS, D.; KAŹMIERCZAK, B. A long-term analysis of the possibility of water recovery for hydroponic lettuce irrigation in an indoor vertical farm. Part 2: Rainwater harvesting. **Applied Sciences**, v. 11, n. 1, p. 310, 2020.

KHATTAB, N. M.; BADR, M. A.; MAALAWI, K. Y.; EL SHENAWY, E. T.; EL GHETANY, H. H.; IBRAHIM, M. M. Hybrid renewable energy system for water desalination: a case study for small green house hydroponic cultivation in Egypt. **ARNP ornal of engineer ingand applies sciences**, v. 11, n. 21, 2016.

KROESE, DIRK P.; RUBINSTEIN, REUVEN Y. Monte Carlo methods. **Wiley Inter disciplinary Reviews: Computational Statistics**, v. 4, n. 1, p. 48-58, 2012.

LAGO, T. O.; OLIVEIRA, A. M. B. Diversificação de risco/retorno para hortaliças no mercado produtor de juazeiro (BA) via abordagem da média-variância. **Tekhne e Logos**, v. 7, n. 2, p. 1-15, 2016.

LAZO, R. P.; GONZABAY, J. Q. Economic analysis of hydroponic lettuce under floating root system in semi-arid climate. **La Granja**, v. 31, n. 1, p. 118, 2020.

LEE, S.H.; MAENG, J.S. Estimation of drough train fall using l-moments. **Irrigation and Drainage**. v. 54, n. 3, p. 279–294, 2005.

LEFLEY, F. The Payback method of investment appraisal: A review and synthesis. **International Journal of Production Economics**, v. 44, n. 3, p. 207-224, 1996.

LEITE, D.; MIGLIAVACCA, R.A.; MOREIRA, L.A.; ALBRECHT, A.J.P.; FAUSTO, D.A. Viabilidade econômica da implantação do sistema hidropônico para alface com recursos do PRONAF em Matão-SP. **iPecege**, v.1, p. 57–65, 2016.

LIRA, R. M.; DOS SANTOS, A. N.; DE FRANÇA SILVA, Ê. F.; DA SILVA, J. S.; DA SILVA BARROS, M.; GORDIN, L. C. Cultivo de coentro em diferentes níveis de salinidade e umidade do solo| Coriander crop at diferente levels of salinity and soil mixture. **Revista Geama**, v. 1, n. 3, p. 293-303, 2016.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; REIS, A. **Doenças da alface**. Brasília: Ed. Embrapa Hortaliças, 2010. 68p.

LORDELO, L. M. K.; PORSANI, J. M.; BORJA, P. C. Qualidade físico-química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia: um estudo considerando diversas fontes de suprimento. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 97-105, 2018.

MAJID, M.; KHAN, J. N.; SHAH, Q. M. A.; MASOODI, K. Z.; AFROZA, B.; PARVAZE, S. Evaluation of hydroponic systems for the cultivation of Lettuce (*Lactuca sativa* L., var. *Longifolia*) and comparison with protected soil-based cultivation. **Agricultural Water Management**, v. 245, p. 106572, 2021.

MANOS, D.P.; XYDIS, G. Hydroponics: are we moving towards that direction only because of the environment? A discussion on forecasting and a systems review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 26, n. 13, p. 12662-12672, 2019.

MARQUES, P. A. A. **Modelo computacional para determinação do risco econômico em culturas irrigadas**. Tese. Piracicaba. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2005. 142p.

MARQUEZAN, L. H. F.; BRONDANI, G. Análise de investimentos. **Revista eletrônica de contabilidade**. v. 3 n. 1, p. 35. 2006.

MARTIN, M.; POULIKIDOU, S.; MOLIN, E. Exploring the environmental performance of urban symbiosis for vertical hydroponic farming. **Sustainability**, v. 11, n. 23, p. 6724, 2019.

MATTAS, K.; BENTES, M.; PAROUSSI, G.; TZOURAMANI, I. Assessing the economic efficiency of a soilless culture system for off-season strawberry production. **HortScience**, v.32, n. 6, p. 1126-1129, 1997.

MISSIMER, T. M., GHAF FOUR, N., DEHWAH, A. H., RACHMAN, R., MALIVA, R. G., AMY, G. Subsurface intakes for seawater reverse osmosis facilities: Capacity limitation, water quality improvement, and economics. **Desalination**, v. 322, p. 37-51, 2013.

MOCOCK, J. F., PESSÔA, C. N., MONTEIRO, Â. T. D. S., TORRES, A. S. C. G., & RABBANI, E. R. K. Estudo comparativo entre os principais métodos de dessalinização de águas subterrâneas: revisão de literatura. In **Anais do XX Congresso Brasileiro De Águas Subterrâneas**, 2018.

MOHAMED, E. S.; PAPADAKIS, G.; MATHIOULAKIS, E.; BELESSIOTIS, V. An experimental comparative study of the technical and economic performance of a small reverse osmosis desalination system equipped with a hydraulic energy recovery unit. **Desalination**, v. 194, n. 1-3, p. 239-250, 2006.

MOLLE, F. Perdas por evaporação e infiltração em pequenos açudes. Série Brasil. SUDENE. Hidrologia. Recife, série.25, 1989. p. 11 a 70.

PANT, T.; AGARWAL, A.; BHOJ, A. S.; JOSHI, R. P.; PRAKASH, O.; DWIVEDI, S. K. Vegetable cultivation under hydroponics in Himalayas-challenges and opportunities. **Defence Life Science J**, v. 3, n. 2, p. 111-115, 2018.

PARDOSSI, A., MALORGIO, F., INCROCCI, L., CARMASSI, G., MAGGINI, R., MASSA, D., & TOGNONI, F. Simplified Models for the Water Relations of Soilless Cultures: what they do or Suggest for Sustainable Water Use in Intensive Horticulture. **Hortimodel**, v. 718, p. 425-434, 2006.

PARENTE, A.; SERIO, F.; SIGNORE, A.; BIANCO, V. V. Electrical conductivity of nutrient solution-yield and fruit quality of soilless grown tomato [*Lycopersicon esculentum* Mill.]. **Atti V Giornate Scientifiche SOI**. v.1, p.251-252, 2000.

QASIM, M.; BADRELZAMAN, M.; DARWISH, N. N.; DARWISH, N. A.; HILAL, N. Reverse osmosis desalination: A state-of-the-art review. **Desalination**, v. 459, p. 59-104, 2019.

RAHIMI, B.; AFZALI, M.; FARHADI, F.; ALAMOLHODA, A. A. Reverse osmosis desalination for irrigation in a pistachio orchard. **Desalination**, v. 516, p. 115236, 2021.

RAVIV, M; LIETH, J.H. **Significance of Soilless Culture in Agriculture**. Cap1. Soilless Culture. 2008. 11p.

Red Agrícola (2017). Cultivo hidropónico de agro top en quillota.

RONAY, K.; DUMITRU, C. D. Hydroponic greenhouse energy supply based on renewable energy sources. **Procedia Technology**, v. 19, p. 703-707, 2015.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; FRANCILINO, A. H.; PEREZ-MARIN, A. M. Crescimento de girassóis ornamentais sob estresse salino em hidroponia de baixo custo. **Irriga**, v. 21, n. 3, p. 591, 2016.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; CAVALCANTE, A. R.; MEDEIROS, S. D. S.; DIAS, N. D. S.; SANTOS, D. B. D. Water use efficiency of coriander produced in a low-cost hydroponic system / Eficiência do uso da água na produção do coentro em hidroponia de baixo custo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1152-1159, 2015.

SANTOS, J. E.; LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, R. F.; SILVA, J. R.; LANA, R. M. Q. Establishment of hydroponic nutrient solution to the cultivation of green onion. **Comunicata Scientiae**, v. 12, p. e3775-e3775, 2021.

SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-hidroponia,02387a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>. Acesso em: 16 maio 2019.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. Nova delimitação do Semiárido brasileiro. Disponível em http://www.asabrasil.org.br/UserFiles/File/cartilha_deli: Acesso em 14 maio 2019.

SHAFFER, D. L.; YIP, N. Y.; GILRON, J.; ELIMELECH, M. Seawater desalination for agriculture by integrated forward and reverse osmosis: Improved product water quality for potentially less energy. **Journal of membrane science**, v. 415, p. 1-8, 2012.

SILVA SÁ, F. V.; SOUTO, L. S.; PAIVA, E. P.; NETO, M. F.; SILVA, R. A.; NASCIMENTO SILVA, M. K.; NETO, A. A. Tolerance of coriander cultivars under saline stress. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3728-3732, 2016.

SILVA, E. L. **Captação e armazenamento de águas das chuvas: o caso da cerâmica “irmãos rolim” em são João do Rio do Peixe-PB.** Dissertação, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2018, 33p.

SILVA, F. P.; QUIRINO, J. M. DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSE REVERSA. **Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula**, v. 3, n. 2, p. 16-32, 2020.

SILVA, J. A.; SILVA, G. N.; MENESES, C. H. S. G.; SOARES, C. S. Estimativa de captação de água pluvial para cultivo de hortas escolares. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v. 11, n. 1, 2015.

SILVA, J. F. do A. **Panorama global da distribuição e uso de água doce e análise de custos de uma planta de osmose reversa acionada com diferentes fontes de energia.** Niterói: Universidade Federal Fluminense. Dissertação, 2015. 237p.

SILVA, M. G., SOARES, T. M., DE SOUZA OLIVEIRA, I., DA SILVA SANTOS, J. C., PINHO, J. S., DE FREITAS, F. T. O. Produção de coentro em hidroponia NFT com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 9, n. 4, p. 246-258, 2015.

SILVA, M. G.; OLIVEIRA, I. D. S.; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; SANTANA, G. D. O.; PINHO, J. D. S. Growth, production and water consumption of coriander in hydroponic system using brackish waters. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 8, p. 547-552, 2018.

SILVA, M. G.; SOARES, T. M.; DE SOUZA OLIVEIRA, I.; DA SILVA SANTOS, J. C.; PINHO, J. S.; DE FREITAS, F. T. O. Produção de coentro em hidroponia nft com o uso de águas salobras para reposição do consumo evapotranspirado. **Irriga**, v. 9, n. 4, p. 246-258, 2015.

SILVA, M.G. **Uso de água salobra e frequência de recirculação de solução nutritiva para produção de coentro hidropônico.** Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Dissertação, 2014. 185p.

SOARES, C. S.; DA SILVA, J. A.; DA SILVA, G. N. Produção de coentro em diferentes espaçamentos dos canais hidropônicos. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 22, n. 1, p. 1-5, 2017.

SOARES, M. I.; MOREIRA, J. A. C.; PINHO, C.; COUTO, J. Decisões de Investimento: Análise Financeira de Projetos (4ª edição, revista e corrigida). 2015. 367p.

SOARES, T. M.; ALMEIDA, C.D.G.C.; FRIZZONE, J. A.; SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N. Economic risk analysis of tomato irrigation using desalinated water by reverse osmosis. **Irrigation and Drainage**. v. 29, p. 658-665, 2013.

SOARES, T. M.; DUARTE, S. N., SILVA, E. F. F., MELO, R. F., JORGE, C.A., OLIVEIRA, A. S. Experimental structure for evaluation of saline water use in lettuce hydroponic production. **Irriga**. v. 14, n. 1, p. 102-114, 2009.

SOUZA, J. F.; NETO, M. R. F.; SOUZA, M. A. S.; VENEU, D. M. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Severino Sombra. **Revista Eletrônica TECEN**, v. 9, n. 1, p. 35-46, 2016.

SOUZA, M. J. N. D., OLIVEIRA, V. P. V. D. Os enclaves úmidos e subsumidos do semiárido do nordeste brasileiro. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 5, n. 9, p. 85-102, 2006

SOUZA, S. V., GIMENES, R. M. T. BINOTTO, E. Economic viability for deploying hydroponic system in emerging countries: A differentiated risk adjustment proposal. **Land use policy**, v. 83, p. 357-369, 2019.

SOUZA, S. V.; GIMENES, R. M. T. Viabilidade econômica da utilização de energia solar em sistemas de produção hidropônica. **Informe Gepec**, v. 22, n. 2, p. 27-45, 2018.

SREEDEVI, T. R.; KUMAR, M.B. S. Digital Twin in Smart Farming: A categorical literature review and exploring possibilities in hydroponics. **2020 Advanced Computing and Communication Technologies for High Performance Applications (ACCTHPA)**, p. 120-124, 2020.

STUYFZAND, P. J.; RAAT, K. J. Benefits and hurdles of using brackish groundwater as a drinking water source in the Netherlands. **Hydrogeology Journal**, v. 18, n. 1, p. 117-130, 2010.

SWAIN, A.; CHATTERJEE, S.; VISHWANATH, M. Hydroponics in vegetable crops: A review. **The Pharma Innovation Journal**, v. 10, n. 6, p. 629-634, 2021.

SZWARCFITER, C.; DALCOL, P. R. T. Economias de escala e de escopo: desmistificando alguns aspectos da transição. **Production**, v. 7, p. 117-129, 1997.

TAMIOSSO, C. F.; JOBIM, A. L.; MACIEL, A. V.; DA CUNHA KEMERICH, P. D. Captação da água da chuva no laboratório de engenharia ambiental. **Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas**, v. 8, n. 1, p. 25-37, 2016.

TEIXEIRA, C. A.; BUDEL, M. A.; DE CARVALHO, K. Q.; DA CRUZ BEZERRA, S. M.; GHISI, E. Estudo comparativo da qualidade da água da chuva coletada em telhado com telhas de concreto e em telhado verde para usos não potáveis. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 2, p. 135-155, 2017.

UDDIN, M. T.; DHAR, A. R. Socioeconomic analysis of hydroponic fodder production in selected areas of Bangladesh: Prospects and challenges. **SAARC Journal of Agriculture**, v. 16, n. 1, p. 233-247, 2018.

VAN OS, E. A.; GIELING, Th H.; LIETH, J. Heinrich. Technical equipment in soilless production systems. In: **Soilless culture**. Elsevier, 2019. p. 587-635.

VASCONCELOS, M. B., CAJAZEIRAS, C. C. D. A., & SOUSA, R. R. D. Aplicação da condutividade elétrica da água nos estudos hidrogeológicos da região

Nordeste do Brasil. In **XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos** (ISSN 2318-0358), 2019.

VIEIRA, G. A., LUCAS, F. F., GOMES, C. F. S., & SANTOS, M. Análise prospectiva do mercado de capitais brasileiro pós-covid19: uma visão macroeconômica. **Revista Simep**, v. 1, n. 1, 2021.

WENTEN, I. G.; KHOIRUDDIN. Reverse osmosis applications: prospect and challenges. **Desalination**, v. 391, p. 112-125, 2016.

XU, Z.; ELOMRI, A.; AL-ANSARI, T.; KERBACHE, L.; EL MEKKAWY, T. Decisions on design and planning of solar-assisted hydroponic farms under various subsidy schemes. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 156, p. 111958, 2022.

ZANELLA, M. E. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.

ZAREBSKA-MØLGAARD, A.; LI, K.; NIEDZIELSKA, A.; SCHNEIDER, C.; YANGALI-QUINTANILLA, V.; TSAPEKOS, P.; HELIX-NIELSEN, C. Techno-economic assessment of a hybrid forward osmosis and membrane distillation system for agricultural water recovery. **Separation and Purification Technology**, v. 283, p. 120196, 2022.

ZIOLKOWSKA, J. R. Is Desalination Affordable? - Regional Cost and Price Analysis. **Water Resources Management**, v.29, p.1385-1397, 2015.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. As águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política 26 Nacional de Recursos Hídricos. Florianópolis: [s.n.], 2002.

MACHADO, J. C. S.; POSSAMAI, L. M.; ZAMPIERI, J. N. F. Análise comparativa de custos entre alvenaria de bloco cerâmico e gesso acartonado para o fechamento interno de uma edificação. **Revista FACISA ON-LINE**, v. 8, n. 2, 2020.