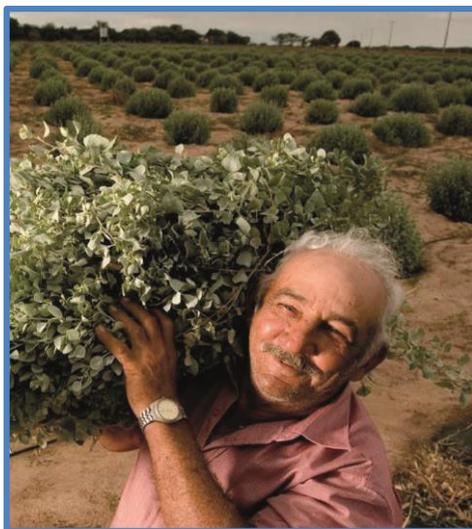




## **PROJETO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA**

**PCT BRA/IICA/14/001: Implementação de Estratégias e Ações de Prevenção, Controle e Combate à Desertificação Face aos Cenários de Mudanças Climáticas e à Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**

**PRODUTO 1 – Relatório técnico contendo proposta de documento referente às diretrizes e ações do componente Sistemas Produtivos do Programa Água Doce**



**Produtos do sistema de produção integrado com uso do concentrado da dessalinização**

**Everaldo Rocha Porto**

**Petrolina, julho de 2016**

## FOLHA DE ROSTO PARA PRODUTOS DE COOPERAÇÃO TÉCNICA

### Identificação

Consultor(a) / Autor(a): Everaldo Rocha Porto

Número do Contrato: 116180

Nome do Projeto: PCT BRA/IICA/14/001

Oficial/Coordenador Técnico Responsável: Romélia Moreira de Souza

Data /Local: Brasília 01/07/2016

### Classificação

#### Temas Prioritários do IICA

Agroenergia e Biocombustíveis	Sanidade Agropecuária	
Biotecnologia e Biosegurança	Tecnologia e Inovação	X
Comércio e Agronegócio	Agroindústria Rural	
Desenvolvimento Rural	Recursos Naturais	X
Políticas e Comércio	Comunicação e Gestão do Conhecimento	
Agricultura Orgânica	Outros:	
Modernização Institucional		

#### Palavras-Chave:

Desertificação – Sistemas Produtivos – Irrigação com Água Salina – Convivência com o Semiárido

### Resumo

#### Título do Produto:

Relatório técnico contendo propostas de documento referente às diretrizes e ações do componente Sistemas Produtivos do Programa Água Doce.

#### Subtítulo do Produto:

Atualização do Documento Base do PAD, especificamente no que se refere à agricultura bio-salina, contendo contextualização, metodologia, revisão bibliográfica, projetos, custos atualizados, anexos, informações atualizadas, fotos, diagramas, tabelas, planilhas, gráficos e ilustrações atualizadas.

#### Resumo do Produto:

Não dispondo de reserva de água potável por todo o período de estiagem, a população do semiárido brasileiro sofre para obter água, na maioria das vezes imprópria para o consumo. Com vistas a resolver o problema de escassez de recursos hídricos, os poços tubulares tem sido uma alternativa, viabilizando o uso dessas águas salinas através da dessalinização por osmose inversa. Porém, o seu crescente uso poderá trazer impactos ambientais devido a geração de um subproduto denominado concentrado; isto é, água com elevado teor de sais, que em alguns casos, está sendo despejado diretamente no solo, sem nenhuma prática de manejo apropriado. Pesquisas vêm sendo desenvolvidas no campo experimental da

Embrapa Semiárido, onde ficou comprovada que a conjugação da criação de tilápia utilizando como meio líquido o concentrado e utilização deste meio para irrigação da erva-sal (*Atriplex nummularia*), forma um sistema de produtivo de complementação mútua que, além de gerar produção para as famílias e para os animais, reduz o impacto ambiental. Estes resultados estão descritos no Documento Base e sendo colocados em prática nas comunidades trabalhadas pelo Programa Água Doce, através da implantação de Unidades Demonstrativas (UD), como uma alternativa apropriada ao manejo do concentrado. Por outro lado, as instituições nacionais e internacionais de pesquisas têm avaliado outras alternativas para o uso de águas salinas, incluindo novos cultivos e a biodrenagem. Sugestões sobre estas novas alternativas foram incluídas nesta nota técnica que fará parte da atualização do Documento Base do Programa Água Doce (PAD).

### **Qual Objetivo Primário do Produto?**

Apresentar para técnicos, em especial membros das coordenações estaduais do PAD, e demais interessados as últimas informações sobre as formas mais apropriadas para o uso do concentrado em sistemas produtivos na agropecuária do semiárido brasileiro.

### **Que Problemas o Produto deve Resolver?**

Com a recorrência de secas na região semiárida brasileira, em função das mudanças climáticas, a dessalinização de águas salina e salobra tem se tornado uma alternativa frequente para obtenção de água, com qualidade, para o abastecimento das comunidades que residem na zona rural. Todavia, esta alternativa tem como consequência a produção de grandes quantidades de concentrado, que são soluções, em geral, de elevada salinidade, que precisam ter uma destinação correta no meio ambiente.

### **Como se Logrou Resolver os Problemas e Atingir os Objetivos?**

Através de uma ampla revisão bibliográfica, avaliando as informações mais recentes produzidas pelas instituições nacionais e internacionais, em especial sobre o uso de águas marginais como insumo na irrigação, na piscicultura e da biodrenagem.

### **Quais Resultados mais Relevantes?**

Contribuiu com a organização da gestão dos sistemas de dessalinização para abertura de novas possibilidades de instalação de novos projetos de sustentabilidade de caráter produtivo, econômico e social.

### **O Que se Deve Fazer com o Produto para Potencializar o seu Uso?**

Disponibilizar as informações aos estados, comunidades e instituições envolvidas nas políticas de acesso a água através da dessalinização de águas salina e salobra.

# Sumário

1. Sistemas Produtivos.....	9
1.1 Introdução.....	9
1.2 A escassez de água boa e a importância dos recursos hídricos subterrâneos.....	10
1.3 A salinidade em ambientes semiáridos.....	10
1.4 O concentrado como recurso para produção.....	11
1.5 O sistema de produção atualmente em uso.....	12
1.6 Subsistema de Aquicultura.....	15
1.6.1 Descrição Geral.....	15
1.6.2 Estrutura Física – Piscicultura.....	17
1.6.2.1 Viveiros (Dimensões).....	17
1.6.2.2 Reservatório de Concentrado.....	17
1.6.2.3 Revestimento dos Viveiros e Tanque de Concentrado.....	18
1.6.3 Manejo de Cultivo.....	18
1.6.3.1 Espécie a Ser Cultivada.....	18
1.6.3.2 Aquisição e Transporte de Alevinos.....	19
1.6.3.4 Peixamento ou Povoamento.....	20
1.6.3.5 Densidade de Estocagem.....	21
1.6.3.6 Monitoramento da Qualidade da Água.....	21
1.6.3.7 Taxa de Renovação da Água.....	22
1.6.3.8 Alimentação dos Peixes.....	22
1.6.3.9 Frequência no Manejo Alimentar (arraçoamento).....	23
1.6.3.10 Biometria ou Amostragem.....	23
1.6.4 Despesca.....	23
1.6.5 Anexos.....	24
1.6.5.1 Anexo I – Projeto Viveiros.....	24
1.6.5.2 Anexo II – Tanque de Contenção.....	25
1.7 Utilização da erva-sal na Alimentação de Pequenos e Grandes Ruminantes no Semiárido.....	26
1.7.1 Introdução.....	26
1.7.2 A erva-sal ( <i>Atriplex nummularia</i> ).....	27
1.7.3 Potencial Forrageiro da Erva-Sal.....	28
1.7.3.1 Relação Folha x Caule.....	28
1.7.4 Composição Química da erva-sal.....	30
1.7.4.1 Proteína Bruta.....	30
1.7.4.2 Digestibilidade.....	30
1.7.4.3 Fibra.....	30
1.7.5 Formas de Utilização da erva-sal.....	32
1.7.5.1 In natura.....	32
1.7.5.2 Feno.....	33
1.7.5.2.1 Fatores que Influenciam a Qualidade do Feno da Erva-Sal.....	33
1.7.5.2.2 Processo de Fenação.....	33
1.7.5.3 Silagem.....	36

1.7.5.3.1 Etapas no Processo da Silagem .....	36
1.7.6 Utilização das Forragens Conservadas na Alimentação de Pequenos e Grandes Ruminantes .....	38
1.7.6.1 Hábito Alimentar do Caprino, Ovino e Bovino .....	38
1.7.6.2 Formulação de Dietas de Erva-Sal para Caprinos, Ovinos e Bovinos .....	39
1.7.6.3 Consumo de Nutrientes .....	43
1.7.7 Desempenho Animal.....	46
1.7.8 Custo e Comparação Econômica de Dietas Contendo Diferentes Níveis Feno de Erva-Sal.....	48
1.7.9 Considerações Finais sobre a erva-sal.....	51
1.8 Novas Perspectivas de cultivos .....	51
1.8.1 Gliricídia .....	52
1.8.2. Palma forrageira.....	54
1.9 A Biodrenagem .....	58
1.9.1 Introdução .....	58
1.9.2 O conceito de biodrenagem .....	59
1.9.3 Informações básicas para a instalação de um sistema de biodrenagem (Metodologia) .....	60
1.9.3.1 Componentes importantes na biodrenagem .....	60
1.9.3.1.1 Escolha da espécie vegetal apropriada .....	61
1.9.3.1.2 Importância da evapotranspiração da cultura a ser plantada.....	61
1.9.3.1.3 Tolerância à salinidade .....	62
1.9.3.2 Requisitos da área para a biodrenagem .....	63
1.9.4 Direcionamentos para a implantação do sistema de biodrenagem no semiárido brasileiro.....	64
1.9.5 Possíveis aplicações.....	66
1.9.6 Limitações técnicas.....	66
1.9.7 Considerações finais.....	67
1.10 Anexos.....	70
1.10.1 Anexo III - Especificação Técnicas Geomembrana para os Reservatórios.....	70
1.10.2 Anexo IV – Especificações Técnicas Piscicultura .....	72
1.10.2.1 Aeradores .....	72
1.10.2.2 Caixa para transporte de peixes .....	72
1.10.2.3 Medidor de oxigênio.....	73
1.10.2.4 Medidor de pH.....	73
1.10.2.5 Condutivímetro.....	73
1.10.2.6 Rede de arrasto .....	74
1.10.2.7 Tarrafas.....	74
1.10.2.8 Puças .....	74
1.10.2.9 Disco de secchi.....	74
1.10.2.10 Caixa de isopor .....	74
1.10.3 Anexo V .....	75
Manual de Irrigação com Utilização de Água Salobra .....	75
1.10.4 Anexo VI – Acumulação de Sal na Planta.....	87
1.11 Referências Bibliográficas .....	89

## Lista de Figuras

Figura 1. Layout geral da U.D.....	16
Figura 2. Qualidade da silagem de Capim-Elefante em função da adição da erva-sal .....	31
Figura 3. Silagem de Capim-Elefante com diferentes níveis de Erva-Sal .....	43
Figura 4. Detalhamento da área de plantio, do sistema de irrigação e do fosso de drenagem.....	68
Figura 5. Representação esquemática da área de cultivo da <i>Atriplex</i> .....	84

## Lista de Fotos

Foto 1. Viveiros revestidos com geomembrana.....	18
Foto 2. Tilápia Rosa .....	19
Foto 3. Tilápia Tailandesa .....	19
Foto 4. Saco Plástico para transporte de alevinos .....	19
Foto 5. Caixa de transporte de peixes. Características: isolamento térmico; acoplada ao cilindro de oxigênio e capacidade de 400 a 2000L .....	20
Foto 6. Povoamento dos viveiros de engorda .....	20
Foto 7. Processo de aclimação .....	21
Foto 8. Monitoramento da temperatura no processo de aclimação.....	21
Foto 9. Planta halófito ( <i>Atriplex nummularia</i> Lind.).....	28
Foto 10. Relação folha caule da erva-sal ( <i>atriplex nummularia</i> ).....	29
Foto 11. Corte da planta halófito ( <i>Atriplex nummlaria</i> Lind.).....	34
Foto 12. Diferentes formas e tempo de secagem da parte aérea da erva-sal.....	35
Foto 13. Silagem de Capim-Elefante com diferentes níveis de <i>atriplex</i> .....	37
Foto 14. Plantio de Gliricídia irrigada com o concentrado da dessalinização e do capim elefante com sintomas de intoxicação pelo sal. ....	53
Foto 15. Cultivos da palma e gliricídia irrigados com o concentrado.....	58
Foto 16. Visualização dos detalhes da valeta para a colocação da manta plástica .....	65
Foto 17. Visualização da valeta após a colocação da manta plástica. ....	65
Foto 18. Septo impermeável colocado ao redor da área a ser cultivada.....	88

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Rendimento de material forrageiro da erva-sal, irrigada com concentrado da dessalinização, para diferentes espaçamentos e idades de corte (toneladas de matéria seca/hectare/ano) .....	29
Tabela 2. Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), mistura mineral (MM), proteína bruta (PB), digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) e da fibra em detergente neutro (FDN), das frações forrageiras da parte aérea (folhas, caules finos e grossos) e total da erva-sal ( <i>Atriplex nummularia</i> L.).....	32
Tabela 3. Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), de carboidratos totais (CHO) e digestibilidade “in vitro” da MS (DIVMS), do feno de Erva-Sal, Melancia Forrageira e da Raspa de Mandioca + 5% de uréia .....	39
Tabela 4. Composição percentual dos ingredientes nas dietas e os respectivos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), de fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), carboidratos estruturais (CHO) e digestibilidade “in vitro” da MS (DIVMS), expressos na matéria seca.....	40
Tabela 5. Composição química da melancia forrageira (MF) e do feno da Erva-Sal (FES) e da dieta composta de 56% de feno de Erva-Sal e 44% de melancia forrageira, expressos na matéria seca .....	41
Tabela 6. Composição química-bromatológica da palma forrageira (PF), do feno da Erva- Sal (FES) e da dieta (50% PF: 50% FES), expressas em percentagem na matéria seca .....	42
Tabela 7. Teores médios e equações de regressão para o potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal	

(N-NH <sub>3</sub> ), de silagens de maniçoba em função dos níveis de substituição e os seus respectivos coeficientes de variação (CV), coeficientes de determinação (r <sup>2</sup> ) e pontos de máximo e mínimo .....	42
Tabela 8. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para os consumos de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM), expressos em gramas por dia (g/dia), em percentagem de peso vivo (%PV) e em unidade de tamanho metabólico (g/kg <sup>0,75</sup> ), e o consumo de água em litros por dia (kg/dia), da palma forrageira e do feno de Erva-Sal por caprinos e ovinos. (Fonte: Alves et al, 2004). .....	45
Tabela 9. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para os consumos de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE) e carboidrato (CHO), expressos em gramas por dia (g/dia), em percentagem de peso vivo (%PV) e em unidade de tamanho metabólico (g/kg <sup>0,75</sup> ), e o consumo de água em quilogramas por dia (kg/dia), do feno da Erva-Sal por caprinos e ovinos* .....	46
Tabela 10. Médias, coeficientes de variação (CV), equações de regressão ajustadas (ER) e coeficientes de determinação (r <sup>2</sup> ), do ganho diário de peso vivo, expressos em gramas por dia (g/dia), em função dos níveis de volumosos nas dietas .....	47
Tabela 11. Índice de eficiência de utilização de nutrientes e taxa de crescimento em cordeiros Santa Inês alimentados com níveis crescentes de palma forrageira .....	48
Tabela 12. Custos e quantidades consumidas dos ingredientes das dietas e custos das dietas com níveis crescentes de feno de Erva-Sal para ovinos sob confinamento, período de 42 dias .....	49
Tabela 13. Ganho de peso vivo (PV), receitas, indicadores financeiros e análise de sensibilidade da relação custo/benefício das dietas com níveis crescentes de feno de Erva-Sal para ovinos sob confinamento, período de 42 dias .....	50
Tabela 14. Rentabilidade da terminação de cordeiros Santa Inês alimentados com feno de Erva-Sal com níveis crescentes de palma forrageira em sistema de confinamento .....	51
Tabela 15. Condutividade elétrica do extrato de saturação antes, durante e depois do cultivo da <i>Atriplex nummularia</i> irrigado por três anos. ....	68
Tabela 16. Quantificação dos equipamentos e materiais permanentes para uma Unidade Demonstrativa de Produção, utilizando Rejeito da Dessalinização .....	75
Tabela 17. Principais características físico-químicas de um perfil de solo apropriado ao cultivo de Erva-Sal .....	77
Tabela 18. Média diária mensal da taxa de evaporação do tanque classe "A" e da série histórica de 1976 a 2004 para Petrolina-PE (mm/dia) .....	77
Tabela 19. Coeficientes técnicos de implantação .....	85
Tabela 20. Coeficientes técnicos de implantação (continuação) .....	86
Tabela 21. Teor de cinzas em diferentes partes da planta Erva-Sal, irrigada com água salobra .....	87

## Lista de Quadros

Quadro 1. Principais parâmetros utilizados no monitoramento da qualidade da água para o cultivo de tilápias e valores aceitáveis .....	22
--	----



# 1. Sistemas Produtivos

## 1.1 Introdução

A água para consumo humano é uma das grandes limitações na zona rural semiárida. Como consequência direta da escassez e do mau uso dos recursos hídricos no Semiárido nordestino, o desenvolvimento da região fica comprometido. Além disso, a população sofre com a precária qualidade de vida e condições de saúde insatisfatórias. Segundo GURGEL, (2006) esses são indicadores de subdesenvolvimento, que demonstram a fragilidade da região e apontam para a necessidade urgente de intervir efetivamente, visando à melhoria das condições de vida das comunidades sertanejas. Não dispondo de reserva de água potável por todo o período de estiagem, a população sofre para obter água, na maioria das vezes imprópria para consumo. Geralmente, essas águas ficam a quilômetros de distância das casas e, por vezes, os pequenos açudes ou reservatórios de água não são capazes de abastecer a toda a comunidade.

Com vistas a resolver o problema de escassez de recursos hídricos, os poços tubulares tem sido uma alternativa, viabilizando o uso dessas águas salinas através da dessalinização por osmose inversa. Por sua comprovada eficiência quanto a relação custo/quantidade de água dessalinizada, a osmose inversa (OI) se destaca de outros processos de dessalinização e já vem sendo utilizada em algumas comunidades no Nordeste do Brasil. Porém, o seu crescente desenvolvimento e utilização poderá trazer impactos ambientais devido aos seus subprodutos ou rejeitos, isto é, águas com elevados teores de sais que estão sendo despejadas ao solo, que, além de contaminarem mananciais subterrâneos, poderão ser transportados pela ação dos ventos ou pela água de escoamento superficial, e salinizar aguadas e áreas mais próximas.

A utilização do concentrado como meio de cultivo de animais aquáticos surge como uma alternativa de pesquisa para reduzir o impacto ambiental além de permitir a produção de alimento com fins econômicos ou de subsistência. Por exemplo, no grupo das tilápias, algumas espécies e linhagens são eurialinas o que lhes conferem a capacidade de adaptação a ambientes de diferentes salinidades, podendo ser cultivadas tanto em água doce como em água salgada ou salobra (KUBITZA, 2005).

Por outro lado, um dos grandes desafios para o Semiárido brasileiro, onde a maior parte dos produtores exploram uma agricultura de subsistência em base a produção de milho e feijão, cultivados na dependência das chuvas, é identificar alternativas de exploração agropecuárias sustentáveis. Como alternativa teríamos a utilização do concentrado da dessalinização para irrigar plantas halófitas. Estas plantas possuem mecanismos de tolerância e fuga à salinidade do solo que permitem a sua sobrevivência e crescimento em ambientes altamente salinos (Hoffman e Shannon, 1985).

Pesquisas vêm sendo desenvolvidas no campo experimental da Embrapa Semiárido, onde ficou comprovada que a conjugação da criação da tilápia utilizando como meio líquido o concentrado e utilização deste meio para irrigação da erva-sal, há uma complementação de benefícios mútuos. Através da criação da tilápia, além de produzir uma geração de renda com a produção de pescado, o concentrado como meio líquido é fertilizado pela eliminação dos dejetos do peixe diretamente na água, principalmente pelos teores de fósforo e nitrogênio. Todavia, no processo de criação do peixe há a necessidade de uma troca de água diária, correspondente a 10% do volume total do reservatório. Assim sendo, esta água já fertilizada propicia um excelente meio líquido para ser utilizada na irrigação da erva-sal, forragem esta com grande potencial na produção de pequenos e grandes ruminantes. Além do mais, esta planta conhecida no meio científico como *Atriplex*

nummularia, comporta-se como uma planta que contribui para a dessalinização dos solos contaminados com sais; ou seja, é uma planta biorremediadora. Todo esse conhecimento está pronto e deve ser democratizado através de experiências ao nível de comunidades. E o mais importante, outros estudos preliminares estão sendo desenvolvido pelas Embrapa Semiárido e Meio Ambiente criando expectativas de uso do concentrado para outros fins produtivos na agropecuária.

## 1.2 A escassez de água boa e a importância dos recursos hídricos subterrâneos

A criticidade na escassez de água no planeta, e em especial em zonas semiárido, já está sendo antecipada, não só no Brasil como em outras partes do mundo, bem antes do que as previsões estimavam. Segundo a FAO (2011), cerca de um bilhão de habitantes em todo o mundo já sofrem pelas consequências da escassez de água com qualidade. Todavia, a estimativa é que o planeta sofrerá, dentro de algumas décadas, um acréscimo de 2<sup>o</sup> C na temperatura, o que desequilibrará ainda mais o atual e precário balanço hídrico.

Esta antecipação das mudanças climáticas impõe um estresse adicional, não só, sobre a disponibilidade hídrica, mas também, sobre a produção agropecuária necessária ao atendimento da demanda de alimentos para uma população que cresce em ritmo acelerado. A estimativa é que nos próximos anos 25 anos a população mundial crescerá em mais de um bilhão de pessoas.

No caso do Brasil, o relatório do IPCC (2007) ressalta que o semiárido será uma das regiões brasileiras mais afetadas pelos efeitos das mudanças climáticas. Modelos desenvolvidos pelo INPE mostram que a temperatura poderá aumentar entre dois e três graus centígrados. Os cenários futuros sinalizam alterações climáticas, com tendência a estiagens mais frequentes, indicando uma intensificação da aridez nesta região até meados do século XXI. O balanço hídrico realizado com os dados de previsão de temperaturas mais elevadas, com os modelos do IPCC, sugere cenários com maiores déficits hídricos. Caso as previsões se confirmem, isto terá grandes impactos na sociedade nordestina, particularmente, para os pequenos produtores que vivem da agropecuária dependente de chuva.

Do ponto de vista social, a manutenção, no campo, dos agricultores de base familiar que praticam agropecuária de sequeiro na região semiárida brasileira está ameaçada. A permanência dessas famílias depende de ações que estimulem a adoção de novas tecnologias, econômicas e socialmente adaptadas às condições locais, e que sejam capazes de priorizar e valorizar a importância dos recursos naturais encontrados no ambiente para os processos produtivos, em suas diversas combinações.

Portanto, considerando as previsões de escassez de recursos hídricos de boa qualidade no semiárido brasileira e o grande potencial de águas salinas e salobras existentes no subsolo, cada vez mais deverá ser intensificada a dessalinização de água para atender a demanda das comunidades dispersas por toda a região. Isto implica que se tem aí um grande potencial de produção de concentrado que, com os cuidados necessários que se deve ter para com a sustentabilidade do ambiente, se transformara em mais um recurso na área de produção agropecuária.

## 1.3 A salinidade em ambientes semiáridos

O termo salinidade, na literatura especializada, se refere ao movimento e concentração de sais no meio ambiente. Ambos, tanto o solo como a água podem se

tornarem salinos. Nos ambientes árido ou semiárido, a salinidade tem como causa principal o desbalanceamento entre a oferta de precipitação e a demanda evaporativa. Como nestes ambientes predomina uma oferta menor de chuva que a demanda evapotranspiratória, este balanço na maioria dos anos é deficitário. Portanto, a salinização dessas áreas são processos intrínsecos do ambiente. Com raras exceções, estes sais já se encontram, de alguma forma, no conjunto do ecossistema.

No caso do trópico semiárido brasileiro, extensas áreas são constituídas por solos salinos. Também nesta região, frequentemente são encontrados riachos temporários com elevados níveis de salinidade. Isto acontece como consequência da reduzida taxa de drenagem natural presente nos perfis de solos na zona do cristalino.

A geologia de grande parte do semiárido tem sua influência na salinidade do ambiente. Formado por rochas ígneas e metamórficas de idade pré-cambrianas, praticamente impermeáveis, estas são responsáveis pela formação de solos pouco profundos. Por esta razão, os lenções subterrâneos no cristalino são pouco expressivos e descontínuos. Por outro lado, em virtude de apresentarem volumes escassos, as águas desses bolsões passam por processos de concentração salinas, em função dos sais solúveis liberados pelas rochas, por estarem permanentemente em contato com elas.

Outro fato de importância dentro deste contexto, é que a milhões de anos atrás, extensivas áreas da região semiárida brasileira estiveram recobertas por águas oceânicas. Quando do rebaixamento dessas águas, os solos ficaram recobertos por espessas camadas de sedimentos com elevados níveis de salinidade. A prova real desse acontecimento é a presença de fosséis marinhos, ainda hoje encontrados em perfis de solos escavados na região do sertão nordestino.

Por último, outro contribuinte que favorece a salinização do ambiente são as chuvas, em especial nas localidades com mais baixos de pluviometria. De acordo com Rebouças (1999), as análises químicas de amostras de água de chuva coletadas durante um ano hidrológico, ao longo de um perfil Leste-Oeste de 1.100 Km, que se estende de Recife até Araripina-PE, indicaram que entre 7 e 12 to./Km<sup>2</sup> de sais diversos caem da atmosfera e são incorporados aos solos, sendo que de 60 a 70% deles são cloreto de sódio (NaCl).

De acordo com os fatos e evidências relatados, a conclusão é que a salinidade primária que ocorre em zonas áridas e semiáridas, em sua maioria, são processos intrínsecos do ambiente. Existem também os processos de salinização secundária. Neste caso, o fator causador para este efeito é o manejo de água mal conduzido, em especial em áreas submetidas à irrigação. No entanto, atualmente existem práticas bem definidas pela pesquisa que permitem uma utilização sustentável dos recursos naturais solo/água, mesmo quando estes se encontram salinizados.

## 1.4 O concentrado como recurso para produção

A capacidade de prover água de boa qualidade e alimento para atender a explosão demográfica que se projeta para as próximas décadas está sendo o maior desafio de todos os tempos, em todos os países. O grande problema é que os recursos solo e água, com qualidades, já não apresentam área e volume suficientes para garantir as demandas. As suas disponibilidades são bastante reduzidas. Isto implica numa maior competitividade por estes recursos. Para agravar ainda mais o quadro, tem a questão das mudanças climáticas.

São vários os usos da água no cotidiano, tanto nos centros urbanos como na zona rural. No caso da atividade agrícola, 70 % da água extraída dos rios, lagos e outros tipos

de aquíferos são usados na produção agropecuária (FAO, 2011). Por outro lado, o aumento populacional, impõe um aumento na produção agrícola. De acordo com a legislação brasileira, o abastecimento doméstico e a dessedentação animal são prioritários (Lei Federal nº 9443/97). Portanto, as águas de melhor qualidade são destinadas para estas prioridades. No caso de conflito, é permitido o uso de água de qualidade inferior na irrigação. Entretanto, existem regras estabelecidas pela resolução do CONAMA de nº 396/2008, para o uso de água na irrigação.

Neste contexto, é importante frisar que, mesmo existindo limites estabelecidos quanto à qualidade de uma determinada amostra de água, é preciso saber, não só para que atividade ela será usada, mas também, em que quantidade, para que espécie animal ou vegetal, em que tipo de clima, em que tipo de solo e que práticas de manejo serão utilizadas. A adequação do uso de águas salinas varia entre as espécies. A exemplo, de acordo com a literatura, o caprino suporta beber uma água até com 14 dS/m de salinidade. Já o bovino não suporta este nível de salinidade. Documentos evidenciam que a *Atriplex nummularia* consegue produzir, mesmo quando irrigada com água do mar. Historicamente, no entanto, os livros texto de irrigação estabelece um limite da salinidade para a água de irrigação de 4 dS/m.

Estes critérios e limites de qualidade para a água de irrigação foram estabelecidos em 1954, pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, através do "Agricultural Handbook No. 60". Depois disso, muitas pesquisas sobre o assunto avançaram. Como complemento da "Revolução Verde" a prática da irrigação teve um grande impulso no mundo inteiro e muitas áreas, mesmo irrigadas com água de boa qualidade, tornaram-se salinizadas em consequência do mau manejo de água adotado. Ou seja; o manejo de água na irrigação tornou-se um tópico importante quando se trata de questões envolvendo o tema salinização. Isto induziu motivação para que a ciência se debruçasse sobre o tema.

Estudos conduzidos em várias regiões áridas e semiáridas do mundo têm mostrado que águas convencionalmente classificadas como muito salina para a agricultura, estão sendo usadas na irrigação de certas espécies sem reduções significativas em seus rendimentos. Este desempenho tem sua dependência relacionada à espécie, ao tipo de solo e da água, e do manejo adotado na irrigação. Daí os avanços da pesquisa, não só na área específica da irrigação, como também na identificação de genomas com alta tolerância a salinidade. Atualmente, é vasto o conhecimento da ciência sobre a fisiologia dessas espécies e como elas se defendem do efeito do aumento da pressão osmótica e da toxicidade de alguns elementos que se apresentam na água ou no solo onde são cultivadas (Fernandes et al, 2011).

Portanto, considerando que a ciência já dispõe de conhecimentos para o uso da água do mar (salinidade correspondente a 56 dS/m) como recurso hídrico na irrigação, é possível utilizar estes conhecimentos, fazendo as devidas adaptações, e fazer do concentrado um recurso a ser usado na produção de forragens para a alimentação animal, em especial em áreas com recursos hídricos escassos e onde a caatinga está sendo devastada por falta de reservas de alimentos para a pecuária. No entanto, ao optar por fazer este uso, é preciso observar todos os requisitos estabelecidos para a escolha das áreas e para o manejo apropriado da irrigação. Alguns destes requisitos são descritos neste documento.

## 1.5 O sistema de produção atualmente em uso

Dentre as diversas missões estabelecidas pela Embrapa Semiárido, uma delas é a de desenvolver Sistemas de Produção apropriados ao ambiente semiárido brasileiro. Foi com este enfoque que, nas últimas décadas, a instituição tem desenvolvido pesquisas,

tendo como ingrediente principal o concentrado da dessalinização, com o objetivo de utilizá-lo como recurso produtivo para a agropecuária, mas que ao mesmo tempo, reduza o impacto ambiental provocado pelo processo de salinização do solo. Vários estudos ainda estão em andamento. No entanto, já disponibilizou um sistema de produção que, atualmente, está sendo usado como Unidade Demonstrativa (UD), pelo Programa Água Doce, em comunidades que utilizam a dessalinização de água para atender as suas necessidades hídricas.

O Sistema de Produção utilizando o concentrado da dessalinização, desenvolvido pela Embrapa, é uma combinação de ações integradas constituídas por três linhas de pesquisas, em três subsistemas dependentes, que se complementam formando uma cadeia sustentável, na qual um subsistema é função do outro. São eles: aquicultura; produção da erva-sal e alimentação animal.

Para aplicação desta prática, o Programa Água Doce (PAD) é provedor de unidades demonstrativas (UDs), baseado na demanda de água potável em comunidades dispersas da região semiárida brasileira, aliada à possibilidade de parcerias, tanto federal, estadual como municipal. Partindo da premissa da necessidade de implantação de cada unidade, esta deverá levar em consideração os seguintes critérios:

Em termos gerais, a área mínima para cada tanque é de 30 x 50 m, totalizando 1500 m<sup>2</sup>. Como será constituída por dois viveiros e um tanque, a necessidade de área total é de 4.500 m<sup>2</sup>. Por outro lado, a área para o cultivo da erva-sal (*Atriplex nummularia*) é de um hectare. Portanto, a área total para a implantação do sistema completo é de aproximadamente 1,5 a 2,0 hectares. A Figura 1 apresenta um layout geral da UD. Os demais critérios encontram-se elencados a seguir.

- ◆ A fonte hídrica (poço) deverá:
  - Se encontrar fora do aglomerado urbano;
  - Está localizada preferencialmente a uma distância máxima de 100 metros de áreas que possam ser exploradas com agricultura;
  - Ter uma vazão mínima de 5000 litros de água por hora;
  - A salinidade não deverá ser superior a 6,0 gramas (9,4 dS/m) de sais por litro.
- ◆ A área deverá:
  - Ser de domínio público (titularidade da área), além de possuir documentos referentes ao licenciamento ambiental (ou à sua dispensa) e à outorga do uso da água (ou dispensa);
  - Ser livre de risco de inundação quando do período chuvoso;
  - Ser plana, ou com declividade não superior que 1,0%;
  - Ser de fácil acesso;
  - A comunidade na qual será implantada a unidade demonstrativa deverá ter atividades com caprinos, ovinos ou bovinos, pois a erva-sal será utilizada como forragem para esses animais.
- ◆ Os solos da área a ser escolhida deverão ter profundidade de perfil de, pelo menos, 1,0 metro para facilitar a escavação dos tanques e favorecer um melhor desenvolvimento do sistema radicular da erva-sal. O solo não deverá ser argiloso, para facilitar a drenagem.

- ◆ Nas áreas pré-selecionadas deverão ser coletadas amostras de água do poço (2 litros) e do solo (2,0 kg), de onde poderá ser implantado o sistema. Esses materiais deverão ser etiquetados e enviados para o laboratório de solo e água da Embrapa Semiárido. As amostras de água deverão ser envasadas em garrafas de refrigerantes, desde que sejam bem lavadas. As amostras de solo deverão ser coletadas em pelo menos três locais, nas profundidades de 0-30 cm, 30-60 cm e 60-90 cm, dentro da mesma área. Estas sub-amostras deverão ser misturadas e colocadas num saco plástico, para cada uma das 3 (três) profundidades.

As análises de água, para fins da unidade de produção, deverão ser: condutividade elétrica (salinidade); pH;  $Ca^{+2}$ ;  $Mg^{+2}$ ;  $Na^{+}$ ;  $K^{+}$ ;  $Cl^{-}$ ;  $CO_3^{-2}$ ;  $HCO_3^{-}$ ;  $SO_4^{-2}$ . Para o solo, deverão ser feitas as mesmas análises requeridas para a água e mais a granulometria (% areia, % argila e % silte). No caso dos estados que dispõem de laboratórios para a realização destas análises, fica a critério da coordenação estadual enviar as amostras para o laboratório da Embrapa ou realizá-las no próprio estado.

Etapas compreendidas para execução das unidades:

1. Sensibilização de cada comunidade sobre a importância do projeto;
2. Escolha da área para plantio da Atriplex e escavação e revestimento do reservatório de criação das Tilápias;
3. Elaboração do projeto de irrigação para área da Atriplex;
4. Aração, gradagem e demarcação das covas na área de plantio da Atriplex;
5. Amostragem de solo da área das profundidades de 0 – 30, 30 – 60 e 60 – 90cm com fins de avaliação físico-química do solo;
6. Amostragem para análise físico-química das águas do concentrado, do poço e do dessalinizador para acompanhamento do sistema de dessalinização e da produção de nutrientes no reservatório das Tilápias;
7. Povoamento do reservatório de peixes e plantio das mudas da Erva-Sal;
8. Análise físico-química semanal da água do reservatório dos peixes;
9. Avaliação mensal da biomassa dos indivíduos e ganho de peso por caprinos, ovinos e bovinos alimentados com a erva-sal;
10. Treinamento dos produtores para o manejo do sistema integrado:
  - Informações técnicas e práticas sobre o cultivo da Tilápia;
  - Informações técnicas e práticas sobre a irrigação da erva-sal com o concentrado oriundo do reservatório de cultivo da Tilápia;
  - Informações técnicas e práticas sobre o arraçoamento de caprinos, ovinos e bovinos com forragens conservadas na forma de feno ou silagem da erva-sal.

Vale ressaltar que para o desenvolvimento de que trata o Programa Água Doce (PAD), este contempla técnicos dos quatro subcomponentes do Programa: dessalinização, mobilização social, sistema de produção e sustentabilidade ambiental. Esta equipe é liderada pelo coordenador estadual que deve realizar a pré-seleção das áreas, com potencialidades para implantação do sistema de produção, e fazer o acompanhamento da implantação e condução das Unidades Demonstrativas.

Cada UD é constituída pelos três subsistemas interdependentes, formando uma cadeia sustentável: aquicultura, produção de erva-sal irrigada com efluente da aquicultura; e alimentação de caprinos, ovinos e bovinos com feno e, ou silagem da forragem produzida.

## 1.6 Subsistema de Aquicultura

### 1.6.1 Descrição Geral

Uma Unidade Demonstrativa de Produção com utilização de efluente de dessalinizador é um conjunto de obras, equipamentos e ações de campo que possibilitem a minimização dos impactos ambientais produzidos pelo concentrado resultante da dessalinização, associadas com atividades produtivas adequadas. A estrutura de produção desenvolvida pela Embrapa é uma combinação de ações integradas, constituídas por quatro subsistemas dependentes que se complementam.

São componentes do sistema:

- Produção de água potável;
- Produção de tilápia;
- Produção de forragem irrigada;
- Alimentação de animais com a utilização do feno ou silagem da erva-sal.

Este segmento do documento tratará da instalação da estrutura física destinada ao aproveitamento do concentrado da dessalinização na tilapicultura (cultivo de tilápia).

O projeto está concebido de forma modulada para atender à grande diversidade de alternativas localizadas, visto que a variabilidade das condições específicas de cada local exige possibilidades diferentes do porte do projeto sem, entretanto, permitir alterações na sua estrutura, em função das imposições restritivas dos padrões tecnológicos e dos custos de implantação, pela padronização de materiais e equipamentos.

O projeto é composto por:

- **Viveiros para piscicultura (2 unidades)**: são as estruturas destinadas ao cultivo dos peixes, equipadas com entrada e saída de água que possibilitem o seu manejo adequado para se atingir os resultados esperados.
- **Reservatório de concentrado (1 unidade)**: esta estrutura destina-se ao recebimento da água utilizada na piscicultura e destinada à irrigação das halófitas. Além disso, serve para armazenamento de água decantada para uso emergencial nos viveiros e com possibilidade de uso na pré-engorda dos alevinos.

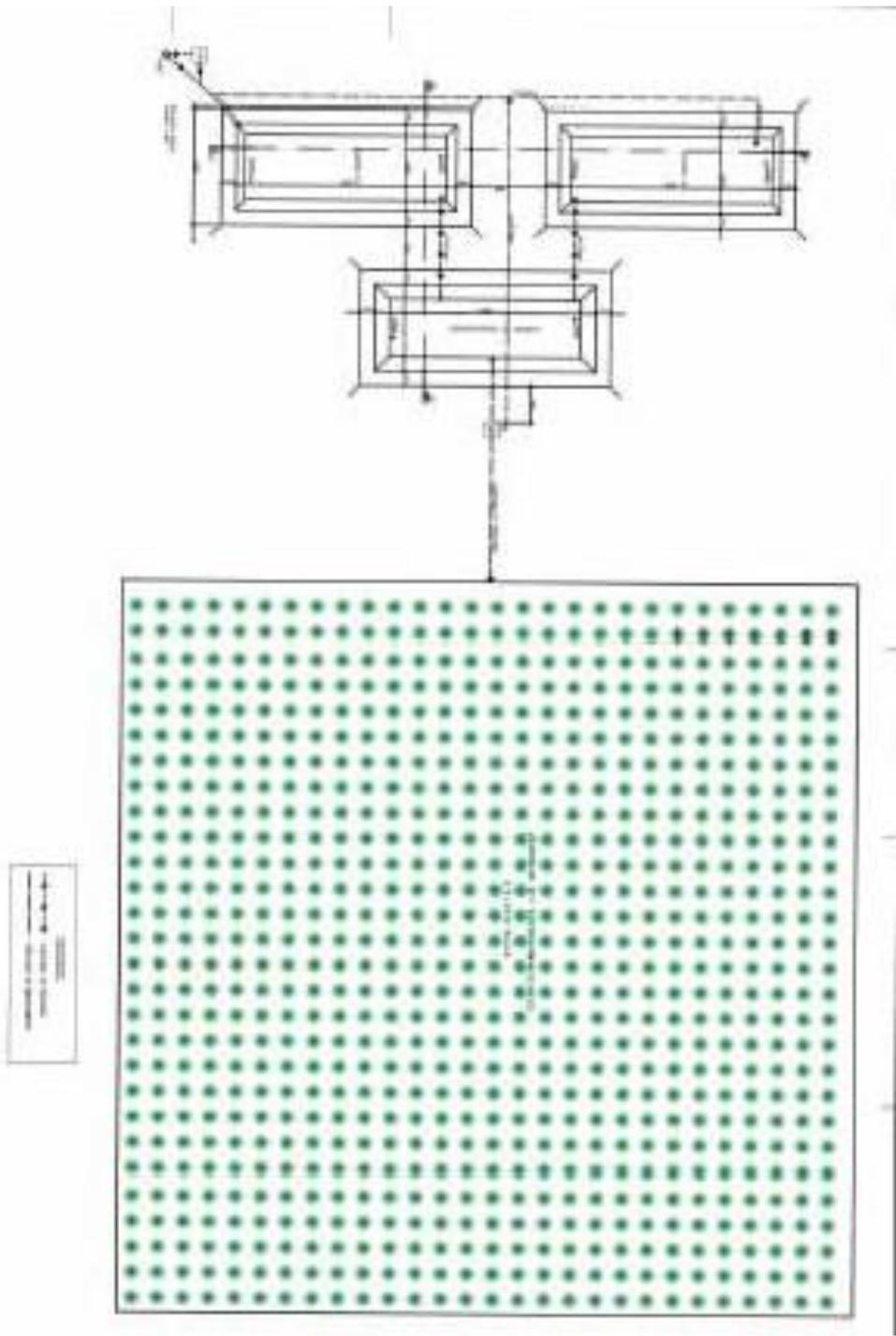


Figura 1. Layout geral da U.D

## 1.6.2 Estrutura Física – Piscicultura

### 1.6.2.1 Viveiros (Dimensões)

Os viveiros para piscicultura terão formatos retangulares, com área total de espelho de água 360 m<sup>2</sup>, com capacidade de armazenamento de 414 m<sup>3</sup> cujas dimensões seguem abaixo (Anexo I):

- Largura superior (borda).....12,00 m;
- Comprimento superior (borda).....30,00 m;
- Comprimento Inferior (leito).....27,30 m;
- Largura inferior (leito) – abastecimento.....9,60 m;
- Largura inferior (leito) – drenagem.....9,00 m;
- Largura do coroamento.....1,10 m;
- Altura do dique – abastecimento.....1,20 m;
- Altura do dique – drenagem.....1,50 m;
- Altura da lâmina d’água – abastecimento..... 1,00 m;
- Altura da lâmina d’água – drenagem.....1,30 m;
- Declividade dos taludes.....1:1.

### 1.6.2.2 Reservatório de Concentrado

A construção dos diques do reservatório seguirá os mesmos procedimentos estabelecidos para os diques dos viveiros. Sendo que, a cota de leito do reservatório será 0,50 metro abaixo da menor cota estabelecida para os viveiros.

No projeto consta um reservatório de rejeito, com formato retangular e área de 360 m<sup>2</sup> e com capacidade de armazenamento de 540 m<sup>3</sup>, cujas dimensões seguem abaixo (Figura 37):

- Largura superior (borda).....12,00 m;
- Comprimento superior (borda).....30,00 m;
- Comprimento inferior (leito).....26,00 m;
- Largura inferior (leito) – abastecimento.....8,00 m;
- Largura inferior (leito) – drenagem.....8,00 m;
- Largura do coroamento.....1,10 m;
- Altura do dique – abastecimento.....2,00 m;
- Altura do dique – drenagem.....2,00 m;
- Altura da lâmina d’água.....1,50 m;
- Declividade dos taludes.....1:1.

### 1.6.2.3 Revestimento dos Viveiros e Tanque de Concentrado

Os viveiros de cultivo e o tanque de armazenamento de rejeito serão revestidos, em sua totalidade, com geomembrana de PEAD ou de PVC, garantindo assim um isolamento entre o rejeito e o solo, conforme a Foto 1.



Foto 1. Viveiros revestidos com geomembrana

## 1.6.3 Manejo de Cultivo

### 1.6.3.1 Espécie a Ser Cultivada

No cultivo poderá ser utilizada qualquer linhagem de tilápia, dependendo da sua disponibilidade no mercado. A tilápia possui características favoráveis para cultivo, tem facilidade de reprodução, apresenta rápido crescimento e boa taxa de sobrevivência; aproveita o alimento natural do viveiro e aceita alimentos processados. É resistente a doenças e tem boa aceitação no mercado para a comercialização.

A Tilápia Rosa é um híbrido vermelho, resultado de cruzamento com várias espécies de Tilápia, esta variedade foi desenvolvida no vale do Rio São Francisco, resultado de acordo técnico entre empresas nacionais e empresas internacionais (Foto 2). A Tilápia Tailandesa foi introduzida no Brasil, em 1997, também conhecida com chitralada, descendente de uma linhagem de *Oreochromis niloticus* do Egito e há muitos anos tem sido domesticada na Tailândia (Foto 3). No entanto, qualquer outra linhagem de tilápia pode ser utilizada neste sistema de produção.



Foto 2. Tilápia Rosa



Foto 3. Tilápia Tailandesa

### 1.6.3.2 Aquisição e Transporte de Alevinos

Os alevinos podem ser adquiridos de empresas públicas e particulares, desde que sejam de origem confiável e comprovada, ou seja, onde as qualidades genéticas, nutricionais e sanitárias sejam garantidas. Os alevinos poderão ser transportados em sacos plásticos (Foto 4) como também em caixas de transporte (Foto 5), em fibra de vidro, com isolamento térmico.



Foto 4. Saco Plástico para transporte de alevinos



**Foto 5. Caixa de transporte de peixes. Características: isolamento térmico; acoplada ao cilindro de oxigênio e capacidade de 400 a 2000L**

#### 1.6.3.4 Peixamento ou Povoamento

Este manejo deve ser feito, sempre que possível, nas primeiras horas do dia. A quantidade de alevinos colocados no viveiro é considerada estoque ou população de peixe estocada. O estoque pode ser o número de alevinos (unidade) ou peso total (kg) de peixe vivo por viveiro (Foto 6).



**Foto 6. Povoamento dos viveiros de engorda**

Antes da transferência dos alevinos da embalagem ou caixa de transporte para o viveiro, observar sempre a diferença de temperatura entre a água do transporte e a do viveiro.

Se a diferença de temperatura for inferior ou superior  $3^{\circ}\text{C}$ , misturar as águas do transporte com a água do viveiro (Fotos 7 e 8).



**Foto 7. Processo de aclimação**



**Foto 8. Monitoramento da temperatura no processo de aclimação**

### 1.6.3.5 Densidade de Estocagem

A quantidade de alevinos a serem estocados no viveiro, isto é, o número de alevinos será de 1 a 4 peixes/metros cúbico ( $m^3$ ) ou metro quadrado ( $m^2$ ). É importante o acompanhamento de um técnico da área para a determinação desta densidade junto à comunidade onde o sistema será implantado.

### 1.6.3.6 Monitoramento da Qualidade da Água

Os peixes dependem da água para realizar todas as funções vitais:

Respirar;

Alimentar-se;

Excretar;

Reproduzir.

Por isso, manter a qualidade da água no cultivo é de fundamental importância para:

- Evitar o estresse por parte da população dos peixes, reduzindo a mortalidade;
- Contribuir para a maximização da produção de peixe;
- Produzir peixes com qualidade.

Para avaliar a qualidade da água é necessário fazer medições dos parâmetros físicos e químicos que devem ser medidas diariamente durante o cultivo.

Os principais parâmetros a serem medidos na água do cultivo e níveis aceitáveis, seguem relacionados a seguir no Quadro 1.

**Quadro 1. Principais parâmetros utilizados no monitoramento da qualidade da água para o cultivo de tilápias e valores aceitáveis**

<b>Parâmetros Físicos e químicos</b>	<b>Medir quantas vezes ao dia</b>	<b>Período do dia</b>	<b>Níveis aceitáveis no cultivo de tilápia</b>
<b>Temperatura</b>	Duas vezes ao dia	Nas primeiras horas da manhã 6h e a tarde 17h	22 a 32 °C
<b>Oxigênio dissolvido</b>	Duas vezes ao dia	Nas primeiras horas da manhã 6h e a tarde 17h	Acima a de 4 mg/l
<b>pH</b>	Duas vezes ao dia	Nas primeiras horas da manhã 6h e a tarde 17h	6,5 a 8,5
<b>Condutividade elétrica</b>	Uma vez ao dia	Nas primeiras horas da manhã 6h e a tarde 17h	23 mS/cm
<b>Transparência</b>	Uma vez ao dia	Início da tarde 14h	30 a 40 cm

### 1.6.3.7 Taxa de Renovação da Água

A taxa de renovação recomendada para cultivo de peixe é de 5 a 10 % do volume total da água por dia.

Esta taxa de renovação do sistema vai depender de fatores, tais como:

- Quantidade de água disponível;
- Quantidade para irrigação da Erva-Sal;
- Qualidade da água;
- Queda da concentração de oxigênio;
- Excesso de temperatura;
- Elevadas concentrações de sais;
- Excesso de fitoplâncton (água muito verde).

### 1.6.3.8 Alimentação dos Peixes

Alimentos de peixes em cultivo podem ser classificados como:

- a) Alimentos naturais – são alimentos encontrados e produzidos na água dos viveiros e é muito importante para os peixes, principalmente na fase de alevino, é composto pelos:
  - Fitoplâncton (plantas pequenas);
  - Zooplâncton (animais pequenos).

**b) Alimentos industrializados - são alimentos fabricados;**

Na fase de alevino, a tilápia aproveita também o alimento natural, mas o principal alimento será o artificial (ração), pois o aproveitamento do alimento natural não é suficiente para o crescimento normal.

### 1.6.3.9 Frequência no Manejo Alimentar (arraçoamento)

No manejo alimentar dos peixes, a frequência do arraçoamento é um fator de relevância para os peixes obterem um bom desenvolvimento e crescimento ótimo. Eles deverão ser alimentados todos os dias durante o período de cultivo.

A quantidade diária de ração a ser oferecida deverá ser pesada diariamente, evitando prejuízos no cultivo, seja por falta ou excesso de ração.

Outro fator importante é que no arraçoamento a ração será oferecida na forma manual (lance) e, para um melhor aproveitamento, deverá ser lançada a favor do vento, facilitando a dispersão uniforme na lamina de água no viveiro. Isso aumenta a possibilidade de que todo o estoque de peixe tenha acesso ao alimento e não apenas aqueles peixes maiores que apresentam comportamento territorialistas.

### 1.6.3.10 Biometria ou Amostragem

O acompanhamento do crescimento e do estado de saúde dos peixes é feito através de biometrias, ou seja, amostragens mensais. Para avaliar melhor o crescimento dos peixes é recomendado separar os peixes por tamanho, procedimento denominado de biometria estratificada. À medida que os peixes vão sendo capturados, os mesmos devem ser colocados e separados visualmente de acordo com o tamanho em diferentes caixas com água e depois separados por tamanhos deverão ser contados e pesados. O objetivo deste manejo é avaliar os tamanhos diferentes dos peixes no cultivo e ajustar a quantidade de ração a ser fornecida no determinado período.

Obtêm-se através do manejo da biometria, informações importantes durante o cultivo, tais como:

- 1) Peso médio dos peixes do viveiro;
- 2) Ganho de peso médio dos peixes no período;
- 3) Ganho de peso médio diário;
- 4) Ajuste da quantidade de ração para o período;
- 5) Taxa de conversão alimentar do período.

### 1.6.4 Despesca

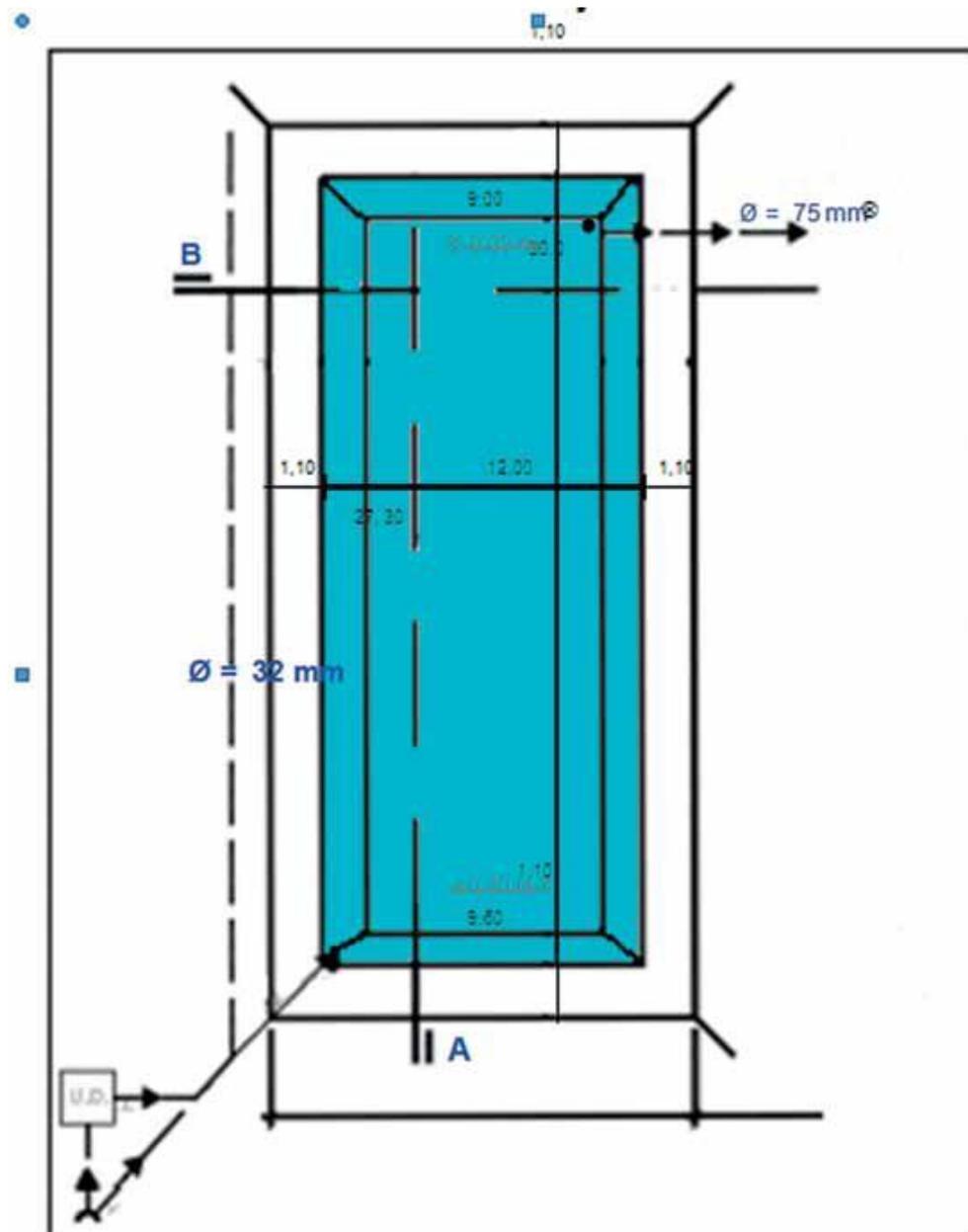
A primeira despesca será realizada 06 (seis) meses após o povoamento. Como o povoamento do segundo viveiro só será feito 3 meses após o primeiro, a segunda despesca deverá acontecer 3 meses após a primeira. O volume total de despesca, a cada final de cultivo, será de aproximadamente 600 kg por tanque.

Para que a despesca seja realizada é importante que os peixes não sejam alimentados no dia anterior, evitando aumento do estresse fisiológico nos animais. Os principais materiais necessários para a despesca são: caixas de isopor e gelo. Assim que os peixes são despescados dos viveiros, devem ser imediatamente colocados nas caixas de isopor com gelo, na proporção em quilos, de 1:1. O gelo é imprescindível para que a

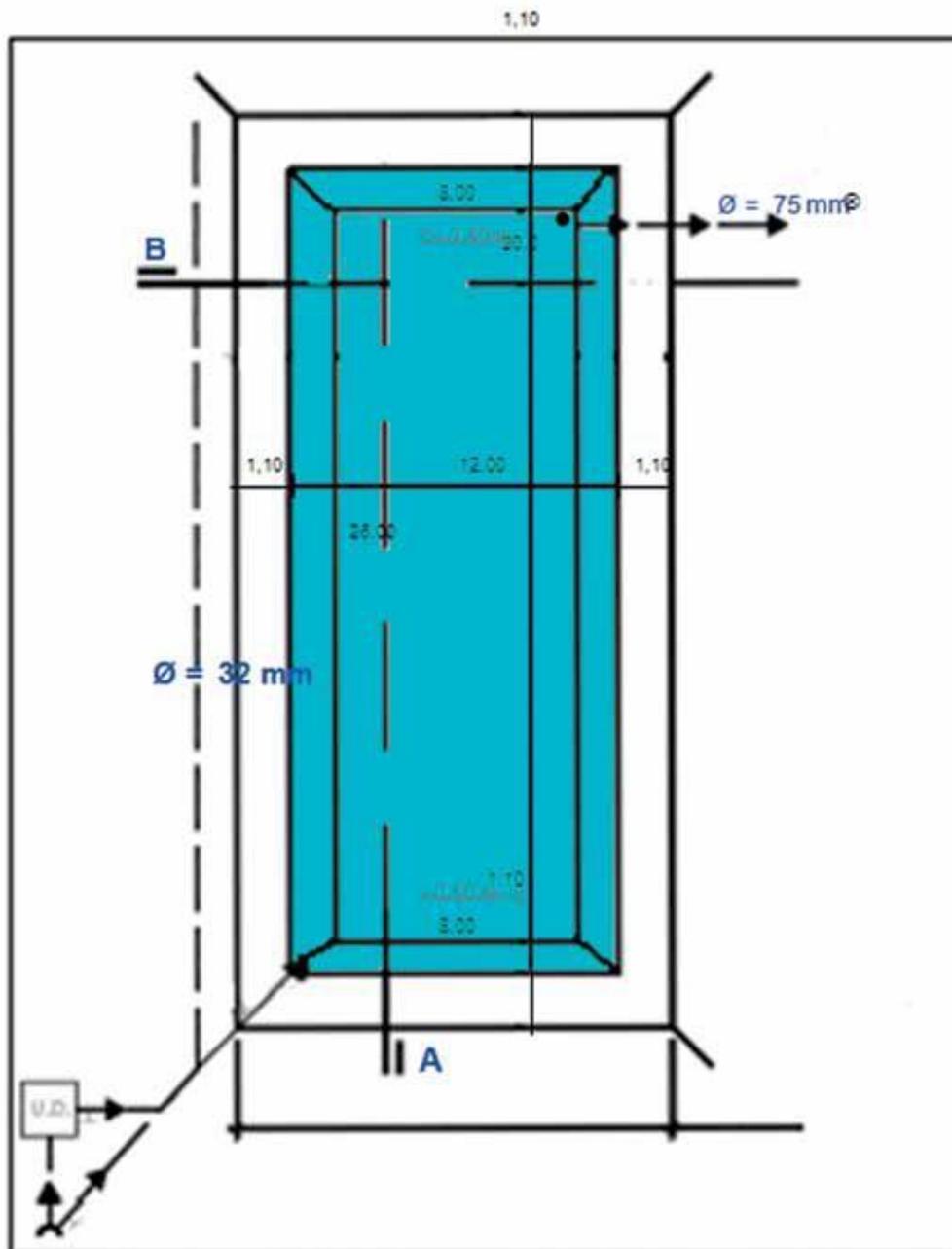
morte dos peixes ocorra de forma menos estressante, o que favorece a manutenção da qualidade do pescado após a morte. O ideal é que os peixes sejam eviscerados no máximo duas horas e meia após a morte no gelo. Após a evisceração, o pescado está pronto para ser processado e/ou consumido da forma como desejar.

## 1.6.5 Anexos

### 1.6.5.1 Anexo I – Projeto Viveiros



### 1.6.5.2 Anexo II – Tanque de Contenção



## 1.7 Utilização da erva-sal na Alimentação de Pequenos e Grandes Ruminantes no Semiárido

### 1.7.1 Introdução

As alternativas de alimentação para caprinos, ovinos e bovinos, nos períodos secos, no Semiárido, baseiam-se na produção e conservação de espécies forrageiras nativas ou introduzidas, no uso de alguns resíduos agroindustriais e na compra de ingredientes concentrados. Todas essas alternativas, são mais ou menos utilizadas de acordo com o perfil tecnológico, social e econômico do produtor. Para as condições do Semiárido não existe uma alternativa “milagrosa”, suas potencialidades e formas de uso podem ser diferentes em função das particularidades específicas de cada uma delas.

A região semiárida do Nordeste brasileiro possui uma grande área de manancial de água salobra subterrânea. O crescente uso da dessalinização de água pelo processo de osmose inversa poderá trazer impactos ambientais severos devido ao concentrado, isto é, água com elevado teor de sais que estão sendo despejados no solo. O plantio de espécies resistentes ao sal (halófitas), como a erva-sal (*Atriplex nummularia* Lindl.), poderá ser uma boa opção de aproveitamento do concentrado, devido aos seus mecanismos de tolerância à salinidade e ao seu potencial forrageiro, constituindo-se em uma importante fonte de nutrientes para ruminantes (ARAÚJO E PORTO, 2000).

Dentre as halófitas cultiváveis para fins de forragem, as espécies do gênero *Atriplex* L. merecem destaque especial, em vista de sua rusticidade e capacidade de crescimento em áreas altamente salinas com baixos índices pluviométricos. Espécies deste gênero têm sido introduzidas com sucesso em solos com altos níveis de salinidade, sob irrigação com águas de fontes naturalmente salinas ou ainda com dejetos de águas salinizadas por aquicultura ou processos industriais, sem prejuízo de suas qualidades forrageiras, especialmente úteis na alimentação de caprinos, ovinos e bovinos.

Por isso, o cultivo de *Atriplex nummularia*, *A. halimus*, *A. canescens* e de outras halófitas tem ocorrido de forma sistemática, sendo sua eficiência constatada tanto em regiões de ocorrência natural (Austrália e Costa Mediterrânea, respectivamente), quanto nas regiões em que foram introduzidas (Espanha, África do Sul, Chile, Argentina, Argélia, Líbia, Egito, Israel, Síria, Jordânia, Arábia Saudita etc), estimando-se a área de cultivo em 500.000 ha na África do Sul e de 150.000 ha no Norte da África.

As plantas halófitas são recursos forrageiros utilizados em muitas partes do mundo para viabilizarem atividades pecuárias em regiões de escassas fontes de alimento para os animais. Denominam-se halófitas as plantas que suportam ou necessitam de sais, como cloreto de sódio, carbonato de cálcio, sulfato de magnésio ou sulfato de sódio, para o seu desenvolvimento normal, vegetando sob altas concentrações salinas (LOUSÃ, 1986). Em condições naturais, tais plantas são encontradas como dominantes em solos salinos, em vista da incapacidade de outras plantas em colonizar estes biomas (LE-HOUÉROU, 1995).

Para facilitar o estudo das halófitas, BRAUN-BLANQUET (1979) classificou tais plantas em três grupos:

- **Halófitas obrigatórias:** que necessitam de sais para seu desenvolvimento (plantas dos gêneros *Salicornia*, *Sarcocornia*, *Arthrocnemum*, *Limonium*, *Suaeda*, *Atriplex*, *Frankenia* etc);
- **Halófitas preferenciais:** que preferem solos salinos, porém suportam sua ausência (*Scirpusmaritimus* var. *compactus*, *Juncus maritimus*);

- **Halófitas de subsistência:** que suportam a presença de sais no solo, porém não os necessitam para sobreviver (*Phragmites australis*, *Juncus acutus*).

Mais tarde, LE-HOUÉROU (1995) propõe uma nova classificação geral para as halófitas, agrupando-as da seguinte forma:

- **Halófitas obrigatórias ou verdadeiras:** que necessitam de condições salinas para seu normal crescimento (*Halocnemum*, *Arthrocnemum*, *Salsola* spp., *Salicornia* spp., *Suaeda* spp., entre outros).

- **Halófitas preferenciais:** que não necessitam de sais para crescer, porém se desenvolvem melhor em sua presença (algumas espécies de *Atriplex*, de *Maireana* e de *Tamarix*).

- **Halófitas opcionais ou facultativas:** que, embora se desenvolvam bem em condições salinas, sob cultivo, crescem e têm produtividade alta sem a presença de qualquer salinidade significativa (Ex. *Atriplex* spp., *Maireana* spp., *Tamarix* spp., entre outras).

### 1.7.2 A erva-sal (*Atriplex nummularia*)

O gênero *Atriplex* em geral engloba plantas herbáceas, na maioria anuais, ocorrendo também espécies arbustivas lenhosas e perenes (JOLY, 1977).

A distribuição geográfica do gênero *Atriplex* é cosmopolita ocorrendo em todos os continentes e em muitas Ilhas, que vão desde as latitudes de 70°N até os 46°S. Assim, está presente, do Alasca à Patagônia; da Grã Bretanha à Sibéria e da Noruega à África do Sul. Embora seu centro de diversidade genética esteja na Austrália, nove grandes regiões de distribuição geográficas têm sido arbitrariamente definidas.

O gênero *Atriplex* destaca-se pela rusticidade. Em geral, suas espécies têm fácil adaptação a condições ambientais extremas, como solos secos e áridos, sendo, portanto, classificadas como xerófitas. Muitas de suas espécies ocorrem em solos salinos, capazes de tolerar altos teores de salinidade, sendo classificadas como halófitas obrigatórias ou facultativas.

A erva-sal (Foto 9) é uma forrageira arbustiva, de porte médio, perene. O seu nome de Erva-Sal é devido à particularidade de que ela é capaz de absorver sal através de seu sistema fisiológico, tendo, portanto, o sabor salgado. Esta planta requer sódio como elemento essencial em sua nutrição e por meio de seu sistema radicular desenvolvido e outros mecanismos que regulam o armazenamento e a utilização das reservas nutritivas, tanto para sobrevivência como para produção, consegue atingir as camadas mais profundas do solo (PORTO E. ARAÚJO, 1999).



**Foto 9. Planta halófito (*Atriplex nummularia* Lind.)**  
Foto: Gherman Araújo

A satisfatória produção forrageira das espécies de *Atriplex*, mesmo sob condições de seca e salinidade, tem sido ainda mais valorizada, em vista do considerável teor de proteínas e de sais minerais em suas folhas, o que é importante especialmente na alimentação de caprinos, ovinos e bovinos, animais robustos em termos de exigências nutricionais, de digestibilidade e de umidade da ração.

Os valores nutricionais são muito variáveis entre locais, épocas do ano, tipo de tecido, idade da planta e material genético ao nível de espécie, procedência ou indivíduos. Valores até cerca de 25 % de proteína bruta podem ser encontrados. Na nutrição animal, além do teor proteico, considera-se o teor de sódio nas folhas e em outras partes aéreas, usadas na alimentação do gado como mais um benefício na nutrição dos animais, que dispensa a suplementação de sódio.

### 1.7.3 Potencial Forrageiro da Erva-Sal

#### 1.7.3.1 Relação Folha x Caule

Proporcionalmente as folhas correspondem a maior parte do peso das plantas, algo em torno de 50%, o que faz da erva-sal uma planta com potencial forrageiro destacado pela alta relação folha x caule. A maior produção de folhas em detrimento de caules pode beneficiar a produção animal. As folhas (Foto 10) são muito mais palatáveis, digestíveis e ricas em nutrientes que os caules, assim sendo, as forragens conservadas que possuem uma relação haste/folha pequena têm melhor qualidade.



**Foto 10. Relação folha caule da erva-sal (*atriplex nummularia*)**  
Foto: Guerman Araújo

No início do desenvolvimento da forrageira, a relação haste/folha é pequena, porém, à medida que a planta se desenvolve e chega à maturação, esta relação vai se tornando cada vez maior até a sua floração, quando os valores sobem mais rapidamente. O efeito da idade é atribuído ao aumento da relação haste/folha, em decorrência da intensificação do processo de alongamento dos caules, que diferem quimicamente das folhas, devido ao teor elevado de fibra e teores baixo de proteína e fósforo. Assim, apesar de maior rendimento forrageiro com o avanço da idade da planta, é conveniente o corte mais frequente, principalmente em condições de cultivo da erva-sal sob irrigação, ainda que isto resulte em menor produção por área.

Resultados experimentais, desenvolvido em campos experimentais da Embrapa Semiárido em Petrolina-PE, onde a erva-sal foi irrigada com 25,0 litros/plant/semana de concentrado da dessalinização, cujo teor salino correspondeu a 11,0 dS/m, com duração de dois anos, demonstrou que o melhor espaçamento e idade de corte é 1,0 m X 1,0 m e 12 meses, respectivamente, conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1. Rendimento de material forrageiro da erva-sal, irrigada com concentrado da dessalinização, para diferentes espaçamentos e idades de corte (toneladas de matéria seca/hectare/ano)**

ESPAÇAMENTO (MxM)	6 MESES	9 MESES	12 MESES
1 x 1	33,77	39,30	55,97
2 x 2	13,24	18,46	19,76
3 x 3	7,08	8,07	7,96
4 x 4	3,05	4,56	5,40

Fonte: Dados experimentais – Everaldo Porto

Neste mesmo experimento, as variações quanto aos teores de proteína bruta na planta foram não significativas estatisticamente, ficando em torno de 14%. Todavia, mesmo o espaçamento de 1 m X 1 m sendo o que deu melhor rendimento forrageiro, a recomendação é usar o espaçamento de 1,5 m X 1,5 m, visto que, com aquele o plantio fica muito fechado, dificultando a colheita.

## 1.7.4 Composição Química da erva-sal

### 1.7.4.1 Proteína Bruta

A deficiência de proteína na dieta animal limita a atividade ruminal afetando a ingestão e a digestibilidade dos nutrientes, visto que as exigências de proteínas pelos ruminantes são atendidas pelos aminoácidos provenientes da proteína microbiana e da proteína dietética não degradada no rúmen.

Segundo a literatura, os valores de proteína bruta da erva-sal variam entre 14 e 17% na planta inteira, já as folhas são detentoras de bons teores de proteína bruta, que podem ser comparados aos de leguminosas e outras espécies utilizadas frequentemente na produção animal, como, por exemplo, a leucena, gliricídia, o guandu forrageiro e a maniçoba, que apresentam normalmente entre 12 a 22 % de proteína bruta. Em comparação com as gramíneas tropicais, em que os valores médios encontrados situam-se normalmente entre 5 e 10 %, as folhas de erva-sal podem ser consideradas como uma fonte de proteína na alimentação animal, podendo contribuir para elevar a proteína bruta de dietas a base de volumosos de baixa qualidade.

### 1.7.4.2 Digestibilidade

A digestibilidade constitui um importante parâmetro do valor nutritivo de um determinado alimento (Oliveira et al. 1991). A digestibilidade é a capacidade do alimento em permitir que o animal utilize seus nutrientes em menor ou maior escala. Vários fatores podem interferir no coeficiente de digestibilidade, principalmente a maturidade da planta, quando se trata de forrageiras, exercendo um efeito negativo sobre a digestibilidade dos nutrientes, principalmente, em função da redução do teor de proteína, e do aumento da lignificação da parede celular.

Estudos realizados na Embrapa Semiárido sobre digestibilidade “in vitro” onde a média de matéria seca das folhas de erva-sal foi de 67,94%, valor este considerado adequado quando comparado a outras forrageiras tropicais, a exemplo do farelo de palma forrageira e raspa de mandioca que apresentaram digestibilidade “in vitro” da matéria seca de 60,7 e 62,8% (Barroso et al., 2006), respectivamente, demonstrando ser larga a capacidade de utilização de seus nutrientes, o que beneficia a produção animal, visto que a digestibilidade determina a fração do alimento aproveitada pelo animal e tem correlação positiva com o consumo.

O elevado coeficiente de digestibilidade e o teor de proteína já destacado para as folhas da erva-sal, a condiciona como recurso potencial para garantir um bom aporte e aproveitamento de nutrientes, principalmente no período de maior escassez de forragem, podendo esses nutrientes ser convertidos em produtos nobres como o leite, a carne e a pele.

### 1.7.4.3 Fibra

A fibra é usada como fonte de energia pelos microrganismos do rúmen na forma de carboidrato e tem sido usada para caracterizar alimentos e para estabelecer limites máximos de ingredientes nas rações. A fibra é essencial, já que os ácidos graxos produzidos pela fibra durante a fermentação ruminal são as principais fontes de energia para o animal. Além da produção de ácidos graxos, a fibra é responsável pela efetividade e fibrosidade, influenciando na digestibilidade dos alimentos e conseqüentemente no consumo animal. O conhecimento de suas frações permite o entendimento de suas

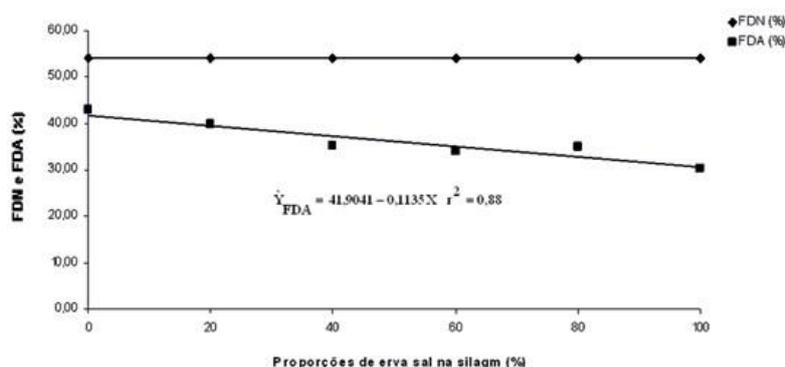
características e importância no balanceamento das dietas, na avaliação da qualidade dos alimentos e em estimativas de seu valor nutricional.

Quando falamos em fibra, inevitavelmente estaremos associando as determinações aos níveis de fibra em detergente neutro (FDN), já que esta fração é a que apresenta maior correlação nutricional com o tipo de fibra a ser empregado na formulação de dietas para ruminantes.

Com relação a FDN e FDA, Detmann et al. (2004) ressaltam que, a observação desses teores nas silagens é de fundamental importância para o conhecimento do valor nutritivo desses alimentos para ruminantes. Sendo esses teores indicativos da quantidade de fibra presente na forragem, estando a FDN relacionada com a quantidade de fibra que há no volumoso, enquanto a FDA (fibra em detergente ácido) à quantidade de fibra menos digestível, deste modo, quanto menor os seus valores, melhor será a qualidade da silagem produzida e maior será o consumo de matéria seca.

Santos, (2010) pesquisando a qualidade da silagem de capim-elefante com diferentes níveis de erva-sal relatou que o teor de FDN não foi afetado ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de Erva-Sal na silagem de capim-elefante, sendo os mesmos representados pelo valor médio de 54,15%, (Figura 29). De acordo com Van Soest (1965), níveis de FDN iguais ou superiores a 70%, limita o consumo de alimento pelo efeito físico de enchimento do rúmen.

De acordo com a Figura 2, observa-se que os teores de FDA das silagens foram afetados ( $P < 0,05$ ) pelos níveis de erva-sal, que houve um comportamento linear decrescente nos teores de FDA em função do incremento da erva-sal na silagem de capim-elefante. Como o teor de FDA consiste na quantidade de fibra menos digestível, quanto menor for o valor encontrado, melhor será a qualidade da silagem produzida e maior será o consumo de matéria seca. Nesse sentido, à medida que houve adição de erva-sal na silagem de capim-elefante decresceram significativamente os teores de FDA, sendo mais evidente na proporção de 100%, (30,55%).



**Figura 2. Qualidade da silagem de Capim-Elefante em função da adição da erva-sal**  
Fonte: Santos, 2010

Um experimento foi realizado no campo experimental da Caatinga da Embrapa Semiárido, em Petrolina- PE, para avaliar a composição química bromatológica das diferentes frações da erva-sal, que pode ser observado na Tabela 7. Vale destacar de início o alto teor de MM (19,4%), encontrado no total da massa forrageira, visto que, esta informação não só tem importância na composição, mas como também, por ser uma estimativa do conteúdo de sais extraídos do solo pela planta. Teores MM de 6,11% para o feno de catingueira e de 6,8% para feno de maniçoba foram obtidos por GONZAGA NETO (1999) e por SOARES (1995).

O teor de PB da *Atriplex nummularia*, verificado neste trabalho, foi de 14,9%. Esse teor foi semelhante ao encontrado por Silva e Pereira, em 1967 de 14,5% e superior aos encontrados por Gutiérrez, em 1990, que variou de 5,4 a 8,6%, todos citados por SOTO (1996), bem como próximos ou superiores aos valores citados por BARROS et al. (1997) de PB da jurema preta (12,7%), da maniçoba (12,0%), do marmeleiro (11,6%), do moleque duro (14,4%) e do mororó (14,9%). Para a FDN, o valor encontrado de 56,6% foi próximo a média dos valores citados por BARROS et al. (1997) que foi de 57,9% para árvores e arbustos. A DIVMS de 56,6%, ficou abaixo dos valores citados por SOTO (1997), que variou de 62,7% a. Na Tabela 2 podem ser observados os teores de MS, MO, MM, PB, DIVMS E FDN das frações forrageiras da parte aérea e do total da Erva-Sal.

**Tabela 2. Teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), mistura mineral (MM), proteína bruta (PB), digestibilidade “in vitro” da matéria seca (DIVMS) e da fibra em detergente neutro (FDN), das frações forrageiras da parte aérea (folhas, caules finos e grossos) e total da erva-sal (*Atriplex nummularia* L.)**

Nutrientes*	Frações Forrageiras da erva-sal			
	Folhas	Caules Finos	Caules grossos	Total
MS (%)	23,15	43,91	51,76	30,70
MO	66,22	83,98	88,47	72,33
MM	25,23	8,62	4,04	19,45
PB	18,46	7,96	6,06	14,96
DIVMS	71,88	27,85	16,39	56,67
FDN	38,39	72,34	82,02	50,25

\* Análises realizadas no laboratório de nutrição animal da Embrapa Semiárido

## 1.7.5 Formas de Utilização da erva-sal

A erva-sal tem sido uma forrageira com importância capital em regiões Semiáridas na formulação de alimentos conservados como feno e silagem, visto que mantém de seus valores nutritivos bem como seu uso na forma *in natura*; sendo uma alternativa para animais ruminantes principalmente em período de seca.

### 1.7.5.1 In natura

Na alimentação de ruminantes a erva-sal vem sendo ofertada na forma de pastejo direto em áreas de geração espontânea da espécie, porém quando cultivada, é utilizada na forma de feno e silagem associada a outras forrageiras (Porto et al.; 2001).

Ben Salem et al. (2005), demonstraram que ovinos alimentados apenas com erva-sal diminuiriam ou mantiveram seus pesos corporais. Na ausência de uma fonte de água, o elevado nível de sais (Na e K, 70 e 20 g/kg MS) respectivamente nessas espécies, limita seu consumo e digestão pelos ruminantes e, por conseguinte, o desempenho animal. No entanto, deve ser associada a outro tipo de volumoso, possibilitando assim a diluição dos sais para que não haja comprometimento do consumo por parte dos animais.

Estudo realizado pelos mesmos autores, em 2002, cita a erva-sal como forrageira utilizada na suplementação de rebanhos em regiões áridas, viabilizando a atividade pecuária em regiões de escassas fontes de alimento para os animais.

## 1.7.5.2 Feno

Trata-se da forragem desidratada em que se procura manter o valor nutritivo original da forrageira. Retirando-se a água da forragem ela pode ser armazenada por muito tempo, sem comprometimento da qualidade. O feno é produzido a partir de forragens verdes desidratadas, com 15 % a 20 % de umidade, o que permite que seja armazenado, desde que adequadamente, sem deterioração de seus princípios nutritivos.

### 1.7.5.2.1 Fatores que Influenciam a Qualidade do Feno da Erva-Sal

#### 1) Estágio de desenvolvimento

Numerosas pesquisas têm demonstrado que o momento do corte é, geralmente, mais importante do que o tipo de forragem utilizada, sendo que, à medida que a planta se desenvolve, ocorre diminuição de seu valor nutritivo, pelo fato de que a maturação de um vegetal promove o aumento dos teores de fibra e dos componentes estruturais, principalmente lignina, obtendo-se um decréscimo no teor de proteína bruta e um aumento nos constituintes da parede celular, com reflexos negativos sobre a qualidade do material armazenado.

#### 2) Proporção de folhas e composição de partes da planta

Um importante fator que determina a qualidade do feno é a relação haste/folha ou a produção de folhas. Nos fenos de erva-sal, aproximadamente, de 60 a 75% do valor proteico da planta encontra-se nas folhas e esta relação haste/folha pode aumentar bastante, em virtude das mesmas poderem perder as folhas durante o processo de fenação. Dessa forma, a maneira pela qual o feno é manipulado e as condições do tempo na ocasião da fenação, podem afetar consideravelmente a porcentagem de folhas no feno. Todo o cuidado para evitar a sua perda, durante o corte, na manipulação ou no transporte contribui para manter sua riqueza em elementos nutritivos.

#### 3) Conteúdo de água da planta no momento do corte

A fenação envolve a retirada de grande quantidade de água da planta (de 65 a 80% para 10 a 20% no feno). Nesse sentido o estágio de desenvolvimento da planta tem grande influência no processo. De um modo geral, uma forrageira durante a fase de crescimento vegetativo, em condições normais de umidade no solo, apresenta uma variação média de 15 a 25 %; durante a floração cerca de 25 a 35% e na fase de sementes maduras cerca de 45% de matéria seca.

- **Época do corte**

A erva-sal, em condições de irrigação com o concentrado da dessalinização, o primeiro corte deve acontecer após um ano de idade. Os cortes seguintes podem ser a cada seis meses.

### 1.7.5.2.2 Processo de Fenação

#### 1) Corte

O principal interesse do produtor é atingir a máxima velocidade de secagem de seu material, dentro dos limites permitidos pelo meio ambiente. Em termos práticos, isto significa fazer o melhor uso do clima, não só nos períodos favoráveis, mas também em períodos críticos, os quais se sucedem inesperadamente. Assim, como a rápida secagem

é de fundamental importância, também é importante obter uma secagem uniforme. A região semiárida do nordeste apresenta clima favorável durante quase todo ano para a obtenção de uma boa desidratação do material a ser fenado.



**Foto 11. Corte da planta halófito (*Atriplex nummlaria* Lind.)**  
**Foto: Gherman Araújo**

A operação de corte deve ser realizada de preferência cedo, a fim de se apressar o processo de secagem. O corte da erva-sal para fenação deve ser manual, conforme mostra a Foto 11. Entretanto, é recomendada a trituração do material, seja por facão ou máquina forrageira (ensiladeira ou picadeira), para proporcionar diminuição e fragmentação dos caules, de forma a proporcionar uma secagem uniforme com as folhas.

## **2) Secagem (Etapas)**

Podemos afirmar que, no geral, quanto mais lenta for à desidratação de uma forragem a campo, maiores serão as perdas em matéria seca e nutrientes. Assim sendo, a operação de secagem é a operação mais importante na prática de fenação, pois a qualidade de um feno depende fundamentalmente dessa fase. Dessa maneira ela deverá ser rápida e criteriosa, para que sejam mantidos todos os princípios nutritivos do material original. A secagem pode ser realizada naturalmente (prática mais comum) com o auxílio dos agentes naturais como a radiação solar, os ventos, a umidade relativa do ar etc, ou artificialmente através de secadores. Em qualquer um dos processos, a secagem deve ser desenvolvida até que o teor de umidade das plantas no momento do corte (+85%) se reduza para 15 a 18%, que é ótimo, ou para 10 a 20% que é permissível.

A desidratação não ocorre com a mesma velocidade e intensidade durante todo o processo. A foto 12 dá uma ideia do aspecto da forragem nas diferentes fases da fenação. Há etapas mais rápidas e outras mais lentas e difíceis.

**1a. Etapa:** por ocasião do corte, as plantas apresentam um teor de umidade de 80-85%, que se reduz rapidamente para valores próximos de 65%. Esta desidratação inicial se processa em decorrência da facilidade da perda de água situada na superfície das células vegetais.

**2a. Etapa:** a queda da umidade de 60 - 65% para 30% é mais demorada e difícil, porque se perde o auxílio da transpiração, uma vez que os estômatos estão fechados. A desidratação pode ser acelerada de três a quatro vezes, nas etapas iniciais, se a planta for submetida a um tratamento mecânico capaz de afofá-la e virá-la para permitir a entrada de ar e raios solares.

**3a. Etapa:** quando as plantas atingem aproximadamente 30% de umidade, as células morrem. A queda de umidade de 30% para 10 - 15% é uma etapa rápida e fácil, pois com a morte das células a desidratação ocorre, única e exclusivamente em função das condições favoráveis ambientais.



**Foto 12. Diferentes formas e tempo de secagem da parte aérea da erva-sal**

**Foto: G. Araújo**

### **3) Armazenamento**

O feno pode ser armazenado a granel em “fenis” (estruturas ou locais para estocar o feno), em sacos de rafia, tonéis ou embaixo de árvores, desde que devidamente coberto e protegido do acesso dos animais. De uma maneira geral, deve ser compactado a cada camada de 50 cm, sendo que, deste modo, consegue-se guardar em 1m<sup>3</sup>, de 30 a 40 kg de feno.

É importante enfatizar que a produção de fardos de feno da Erva-Sal só é possível quando o mesmo é seco sem a devida picagem ou trituração do material, ou seja, apenas corte e secagem dos galhos mais tenros e folhosos.

Ressalta-se que o material armazenado em galpões ou “fenis” pode apresentar um custo por unidade de peso mais elevado que as outras formas de armazenamento, mas, por outro lado, as perdas são significativamente menores, o que pode compensar o custo mais elevado quando o material a ser fenado é de boa qualidade.

Em condições adequadas de ventilação e proteção contra o sol e chuvas, o feno em granel ou em fardos poderá ser armazenado por um ou dois anos com perdas pequenas no tocante às características do início do armazenamento.

#### ***Perdas durante o processo de fenação***

Durante o processo de conservação de forragens, sempre ocorrem perdas, algumas inevitáveis, pois são inerentes ao processamento e, outras evitáveis, que dependem do conhecimento da técnica empregada.

Como ocorre na maioria dos processos de conservação de alimentos, a fenação requer a atenção de alguns fatores para evitar perdas por:

- a) Falta de previsão de ocorrência de chuva;
- b) Monitoramento precário e conseqüentemente secagem deficiente;
- c) Armazenamento precário em locais não apropriados;
- d) Distribuição excessiva e inadequada aos animais.

#### **1) Perdas no corte**

Está relacionada com o tipo de ferramenta utilizada.

#### **2) Perdas na secagem**

É nesta fase que ocorrem as maiores possibilidades de perdas na fenação.

A forragem após o corte permanece viva por certo tempo, no qual as células respiram. Essa respiração é feita à custa de nutrientes das forragens. Assim, quanto maior o tempo para se diminuir a umidade do nível inicial até o nível em que cessa a respiração (segundo autores, 33 - 38% de umidade), maiores serão as perdas, principalmente de carboidratos solúveis. Como esses carboidratos são de alta digestibilidade, a perda do valor nutritivo é maior do que a perda da matéria seca considerada isoladamente.

A continuação do processo respiratório depende de alguns fatores ambientais, tais como a umidade relativa e a temperatura do ar.

Além das perdas dos carboidratos solúveis, ocorrem:

- a) Perdas dos constituintes nitrogenados (menores que a dos carboidratos e estimadas em torno de 2,5%);
- b) Perdas de vitaminas A e E por ativação da oxidação enzimática (no geral, a quantidade de caroteno no feno - precursor de vitamina A - é proporcional ao verde de sua cor);
- c) Perdas de nutrientes solúveis, ou seja, do conteúdo celular ou protoplasma. Essas perdas estão relacionadas com a ocorrência de chuvas e são mais intensas no final do processo de desidratação.

### 1.7.5.3 Silagem

É o produto oriundo da conservação de forragens úmidas (planta inteira) ou grãos de cereais com alta umidade (grãos úmidos) através da fermentação em meio anaeróbico, ambiente imune de oxigênio em locais denominados silos. A produção de silagem baseia-se no princípio da fermentação e tem como principal objetivo tentar maximizar a preservação original dos nutrientes encontrados na forragem fresca (natural), durante o armazenamento, com o mínimo de perdas de matéria seca.

O produto final dessa fermentação, denominado silagem, é obtido pela ação de microrganismos sobre os açúcares presentes nas plantas com a produção de ácidos orgânicos, resultando em queda do pH até valores próximos de 4.

#### 1.7.5.3.1 Etapas no Processo da Silagem

##### 1) Ponto de colheita (corte)

É um ponto muito importante na obtenção de silagem de boa qualidade. O ponto de colheita envolve a maturidade da planta e o seu conteúdo de umidade. A umidade adequada, no momento da ensilagem, favorece a compactação acelerando a transição da silagem para um ambiente anaeróbico. No ponto ideal de colheita a planta deve fornecer um bom rendimento de matéria seca aliado a um bom valor nutritivo. O valor nutritivo mais alto, geralmente, está na fase de crescimento das forrageiras. Nesta fase, entretanto há um valor de teor de umidade que favorece fermentações indesejáveis e uma baixa concentração de açúcares. Há grandes perdas por lixiviação e menor produção de matéria seca por hectare. O corte em estágios iniciais não fornece bons resultados. Por outro lado, no estágio de maturação mais avançado, há baixo valor nutritivo, apesar da forrageira fornecer mais produção de matéria seca por hectare. Nesse estágio há dificuldade em compactação, havendo retenção de ar no silo, o que propicia o desenvolvimento de fungos e grandes perdas de matéria seca pelo prolongamento da fase aeróbica.

A colheita na maturidade correta assegura a quantidade de carboidratos fermentáveis adequadas para as bactérias da silagem e valor nutricional ótimo para a o

rebanho. Deve-se buscar, portanto, um ponto de desenvolvimento, onde haja a combinação mais adequada entre valor nutritivo da planta e teor de produção de matéria seca, considerando ser muito difícil coincidir o ponto ideal teórico com o prático.

## 2) Tamanho de partícula

O objetivo do processamento (picagem, Foto 13) é facilitar a compactação, bem como o rompimento das células, permitindo a atuação imediata dos microrganismos. Quanto menor o tamanho melhor será a compactação e a expulsão do ar. Por outro lado, pedaços muito pequenos (menor que 0,5 cm) podem ser desfavoráveis para o funcionamento adequado do rúmen. A escolha do tamanho de partículas deve ser um compromisso entre fermentação da silagem e função ruminal. Quanto menor o tamanho das partículas maior a compactação da silagem e maior a exposição dos açúcares às bactérias fermentadoras da silagem. Por outro lado, o corte resultante em partículas muito pequenas pode comprometer a função ruminal, devido à falta de fibra efetiva.



Foto 13. Silagem de Capim-Elefante com diferentes níveis de *atriplex*  
Foto: Otanael dos Santos

## 3) Compactação

O objetivo é a expulsão do ar que diminui a fase aeróbica da fermentação e favorece o desenvolvimento das bactérias produtoras de ácido láctico. A massa picada deve ser distribuída por todo o silo em camadas de no máximo 15 cm e continuamente compactada. Se a compactação é insuficiente, ocorrem maiores perdas durante a fermentação, a temperatura eleva-se em demasia, e o produto obtido será de qualidade inferior. Se a temperatura for superior a 38 graus centígrados ocorre a caramelização da silagem, que terá coloração escura. Deve-se evitar também o excesso de compactação, principalmente de silagens com elevado teor de umidade, podendo ocorrer maiores perdas por lixiviação.

## 4) Vedação

Esta deve ser perfeita, evitando a entrada de ar e água. No caso de silos trincheiras recomenda-se cobrir com lona e jogar terra por cima, de maneira a expulsar o ar pelas extremidades com posterior vedação.

Em síntese, o processo de ensilagem consiste basicamente em:

- i. Cortar a planta na época ideal, evitando a umidade excessiva. Cortá-la em dia seco sem perspectivas de chuvas;
- ii. Encher o silo;
- iii. Compactar a massa;

- iv. Vedar impedindo a entrada de ar.

## 1.7.6 Utilização das Forragens Conservadas na Alimentação de Pequenos e Grandes Ruminantes

### 1.7.6.1 Hábito Alimentar do Caprino, Ovino e Bovino

Um maior e melhor conhecimento do comportamento alimentar dos caprinos, ovinos e bovinos, em condições de caatinga, torna-se fator de extrema importância, para a definição dos alimentos, do manejo alimentar e do sistema de criação a ser adotado, conforme as características da propriedade.

Os caprinos apresentam maior grau de adaptação às regiões secas, razão da sua predominância nas áreas de caatinga do nordeste. São animais altamente selecionadores de alimentos no campo, preferindo uma alimentação rica e variada, a partir de plantas herbáceas de folhas largas, seguida de brotos e folhas de arbustos e árvores. Por causa dessas características os caprinos estão sujeitos a falsas crenças e a conceitos equivocados, como os que afirmam que o caprino deve ser criado em áreas onde não se consegue criar nenhum outro animal, ou que o caprino é um potencial causador de degradação da cobertura vegetal e do solo da caatinga.

A primeira informação busca algum fundamento justamente na alta capacidade de resistência às condições extremas e de falta de alimento, mas isso não serve de argumento para que quem pretenda explorar de forma econômica a atividade comece pela seleção das piores áreas. A segunda informação só encontra algum fundamento naqueles que querem se eximir da culpa de manejar, de forma errada e irresponsável, os seus rebanhos ou naqueles que têm na caprinocultura mais uma atividade predatória do que exploração econômica.

Os caprinos são ainda altamente flexíveis com relação ao consumo de alimentos, variando o hábito alimentar de acordo com a qualidade e a quantidade de alimentos disponíveis. Assim, na medida em que as forrageiras herbáceas de folhas largas vão desaparecendo, em função da seca, aumenta progressivamente o consumo de brotos, folhas verdes e folhas maduras caídas dos arbustos e árvores.

A estrutura física, o porte e a destreza que possuem os caprinos favorecem a busca do alimento, mesmo tendo que percorrer grandes distâncias. Assim, o hábito alimentar e o tipo peculiar de comportamento que lhes favorece o alcance dos alimentos, associados à grande capacidade de digerirem forragens grosseiras, constituem a razão da vantagem dos caprinos sobre outras espécies, nas áreas pobres e secas do Nordeste.

Apesar de toda esta capacidade, entretanto, a existência de um longo período de estiagem nas zonas de criação resulta em séria redução na qualidade e na quantidade das forragens disponíveis durante o ano, o que interfere negativamente na produção e na produtividade dos rebanhos. Isto implica na responsabilidade do produtor em produzir e armazenar o alimento necessário para suplementar os animais, principalmente, durante o período de escassez.

Os caprinos e ovinos têm hábito alimentar diferente. Os ovinos costumam se alimentar quase sempre com a cabeça voltada para baixo, pois sua alimentação consiste em comer plantas de porte rasteiro (hábito alimentar rasteiro) constituídas de gramíneas (capins) e outras plantas de folha larga. Entretanto, vale ressaltar que os ovinos deslançados do Semiárido nordestino apresentam uma boa plasticidade alimentar, com

características de escolhas de alimentos que se aproximam das do caprino, ou seja, apresentam também um pastejo alto, com a cabeça voltada para cima, quando necessário.

Já os caprinos, principalmente, durante o período seco, têm o hábito alimentar aéreo, ou seja, eles costumam comer sempre com a cabeça para cima, (comer os galhos das árvores e arbustos e até sobem nas mesmas). Durante a época das chuvas consomem bastantes plantas herbáceas de folhas largas.

Quanto aos bovinos, estes se enquadram na classe de animais utilizadores de volumosos pelo fato de serem adaptados para uma velocidade de passagem mais lenta e, conseqüentemente, aptos para uma melhor utilização dos constituintes fibrosos da parede celular das forragens (Van Soest, 1994).

### 1.7.6.2 Formulação de Dietas de Erva-Sal para Caprinos, Ovinos e Bovinos

O feno da Erva-Sal apresenta-se como uma ótima alternativa volumosa para elaboração de dietas que possam servir de suplementação alimentar de caprinos, ovinos e bovinos bem como para sistemas de acabamento (engorda) desses animais.

Visando a avaliação do potencial da Erva-Sal, Souto et al. (2001), formularam dietas compostas de feno de Erva-Sal (*Atriplex nummularia* Lindl.), associado à melancia forrageira (*Citrulus lanatus* cv. citróides) e a raspa de mandioca integral (*Manihot esculenta* Crazz ) enriquecida com 5% de ureia, cujos teores médios dos nutrientes são mostrados na Tabela 3 e a composição percentual dos ingredientes nas dietas, expressos na base da matéria seca na Tabela 4.

**Tabela 3. Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), de carboidratos totais (CHO) e digestibilidade “in vitro” da MS (DIVMS), do feno de Erva-Sal, Melancia Forrageira e da Raspa de Mandioca + 5% de uréia**

Nutrientes*	Ingredientes		
	Feno <i>Atriplex</i>	Melancia	Raspa**
<b>MS (%)</b>	87,00	6,00	83,00
<b>MO (%)</b>	72,00	69,00	90,00
<b>MM (%)</b>	23,00	21,00	4,00
<b>PB (%)</b>	20,00	26,00	17,00
<b>FDN (%)</b>	50,00	41,00	27,00
<b>EE (%)</b>	2,00	3,00	1,00
<b>CHO (%)</b>	55,00	50,00	78,00

Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Semiárido

SWINGLE et al. (1996) testaram o potencial de três espécies halófitas para sustentar ganhos de peso em ovinos alimentados com dietas de alta energia. Os efeitos do excesso de sal sobre o ganho de peso e o consumo alimentar foram testados, utilizando dietas controle, contendo feno de *Cynodon dactylon* (L.) Pers. O farelo de semente de algodão foi usado como suplemento proteico. A ingestão de matéria seca foi maior nos cordeiros alimentados com dietas, contendo 30% de halófitas forrageiras que nas dietas com *Cynodon*. Esses mesmos autores ainda simularam uma dieta tendo por base o *Cynodon* e contendo níveis de NaCl (*Cynodon* + NaCl) iguais aos das dietas contendo forrageiras halófitas. A dieta *Cynodon* + NaCl apresentou menores taxas de

ganho de peso e consumo que as dietas com forrageiras halófitas, mostrando, segundo os autores, que a forma com que o sal se apresenta nas forrageiras halófitas é importante para sua aceitabilidade pelos animais

A Tabela 4 refere-se a composição percentual dos ingredientes da dieta com respectivos teores de MS, MO, MM, PB, FDN, EE, CHO estruturais e DIVMS expresso na matéria seca.

**Tabela 4. Composição percentual dos ingredientes nas dietas e os respectivos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), de fibra em detergente neutro (FDN), extrato etéreo (EE), carboidratos estruturais (CHO) e digestibilidade “in vitro” da MS (DIVMS), expressos na matéria seca**

Ingredientes	Composição Percentual dos Ingredientes nas Dietas (%)				
	D1	D2	D3	D4	D5
Feno de Erva-Sal	38,30	52,55	64,57	74,85	83,72
Melancia Forrageira	6,60	5,44	4,45	3,61	2,89
Raspa de Mandioca**	55,10	42,01	30,98	21,54	13,39

Composição Química das Dietas					
MS (%)	79,69	81,11	82,29	83,31	84,19
MO (%)	81,79	79,48	77,52	75,86	74,42
MM (%)	12,51	15,07	17,23	19,07	20,66
PB (%)	18,88	19,24	19,53	19,79	20,01
FDN (%)	36,68	39,92	42,65	44,98	47,00
EE (%)	1,59	1,65	1,69	1,73	1,76
CHO (%)	67,00	64,04	61,54	59,42	57,58
DIVMS (%)	61,93	60,34	58,99	57,84	56,86

\*\* Raspa de mandioca com + 5% de uréia. Fonte: Cunha et al., 2004.

CUNHA et al (2004) relatam que a composição química da dieta composta com melancia forrageira e feno de Erva-Sal apresentou um bom nível nutricional, com teores de MS, PB, FDN, FDA, MM, MO, EE, CHO, HEM e DIVMS, respectivamente de 54,60; 13,64; 39,84; 25,32; 24,96; 75,04; 10,36; 51,04; 14,52; e 58,68%, podendo atender boa parte das demandas de nutrientes, a depender da aceitação por parte dessas espécies, que apresentam habilidades seletivas diferenciadas.

Na Tabela 5 encontra-se a composição química da MF e do FES e da dieta composta com 56 % FES e MF na matéria seca.

**Tabela 5. Composição química da melancia forrageira (MF) e do feno da Erva-Sal (FES) e da dieta composta de 56% de feno de Erva-Sal e 44% de melancia forrageira, expressos na matéria seca**

	Melancia Forrageira	Feno de Erva-Sal	Dieta
Matéria Seca (MS)	7,00	92,00	54,60
Proteína Bruta (PB)	17,00	11,00	13,64
Fibra Detergente Neutro	32,00	46,00	39,84
Fibra Detergente Ácido (FDA)	27,00	24,00	25,32
Matéria Mineral (MM)	16,00	32,00	24,96
Matéria Orgânica (MO)	84,00	68,00	75,04
Extrato etéreo (EE)	21,00	2,00	10,36
Carboidratos Totais (CHO)	46,00	55,00	51,04
Hemicelulose (HEM)	5,00	22,00	14,52
DIVMS	71,00	49,00	58,68

\*Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Semiárido.

ALVES et al 2004, visando avaliar uma dieta composta de palma forrageira (*Opuntia ficus Mill.*) - *in natura* associada ao feno de Erva-Sal (*Atriplex nummularia Lindl.*) em uma proporção de 50:50 na matéria seca para caprinos e ovinos, observaram que a mesma apresentou 7,07% de PB e uma digestibilidade *in vitro* da matéria seca da palma forrageira e feno de Erva-Sal foram 53,14 e 45,4%, (Tabela 6), respectivamente; níveis considerados baixos e compatíveis apenas com as necessidades de manutenção dos animais, indicando a necessidade do uso de outros ingredientes de fontes proteicas e energéticas para melhorar o valor nutricional da dieta.

Nas diferentes dietas apresentadas, pode-se observar diferentes teores de nutrientes dos fenos da Erva-Sal, principalmente proteína, evidenciando a importância da obtenção de um material de boa qualidade, que possa refletir em um volumoso de elevado valor nutricional, garantindo uma dieta que possa atender às demandas proteicas e energéticas dos animais. Logo, a depender do valor do feno da Erva-Sal, a combinação de ingredientes, seja proteico ou energético, é extremamente importante.

A Tabela 6 refere-se a porcentagem da composição química da PF, FES e da dieta com 50 % PF e 50 % FES expresso na matéria seca.

**Tabela 6. Composição química-bromatológica da palma forrageira (PF), do feno da Erva-Sal (FES) e da dieta (50% PF: 50% FES), expressas em percentagem na matéria seca**

	Palma forrageira	Feno de Erva-Sal	Dieta (%)
Matéria Seca (%) (MS)	22,02	88,11	55,76
Matéria Orgânica (MO)	86,94	68,23	77,58
Matéria Mineral (MM)	13,05	32,03	22,54
Proteína Bruta (PB)	5,29	8,85	7,07
Extrato etéreo (EE)	1,20	1,04	1,12
Fibra Detergente Neutro (FDN)	33,06	46,79	39,92
Fibra Detergente Ácido (FDA)	18,48	21,62	20,05
Hemicelulose (HEM)	14,58	25,17	19,87
Carboidratos totais (CHOT)	80,46	58,08	69,27
Digestibilidade "in vitro" da matéria seca (DIVMS)	53,14	45,04	49,10
Carboidratos não fibrosos	47,40	11,29	29,34

Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Semiárido.

JANUÁRIO (2010), em dados não publicados, trabalhando com silagem de maniçoba com níveis crescentes de Erva-Sal encontrou valores de pH que variaram de 3,77 a 4,19 (Tabela 7), valor este, abaixo do valor máximo permitido para promover uma eficiente conservação da massa ensilada. Isso indica que esses valores estão dentro do considerado padrão para a qualidade da silagem, uma vez que, valores superiores a 4,2 resultam em má fermentação, sem predominância da atuação de bactérias lácticas, sendo estas, fundamentais para acidificação adequada do material e alcance da estabilidade anaeróbia.

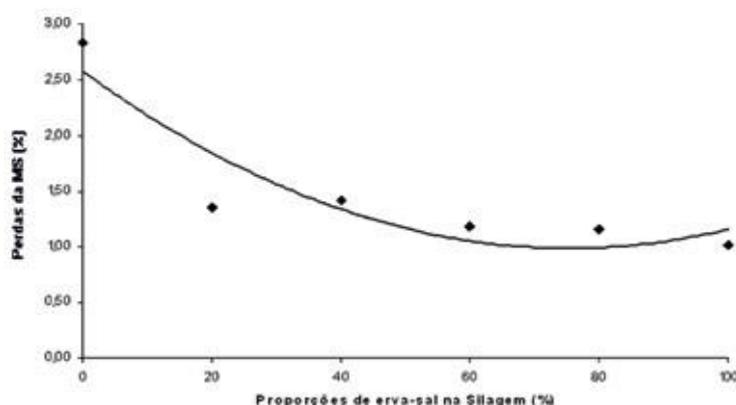
Na Tabela 7 podem ser observados os teores médios e equação de regressão para o pH e N-NH<sub>3</sub>, de silagens de maniçoba em função dos níveis de substituição e seus respectivos CV, R<sup>2</sup> e pontos máximos e mínimos.

**Tabela 7. Teores médios e equações de regressão para o potencial hidrogeniônico (pH), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), de silagens de maniçoba em função dos níveis de substituição e os seus respectivos coeficientes de variação (CV), coeficientes de determinação (r<sup>2</sup>) e pontos de máximo e mínimo**

VARIÁVEIS	NÍVEIS DE ERVA-SAL					CV(%)
	0	25	50	75	100	
<b>pH</b>	3,81	3,77	3,77	3,83	4,19	1,6
$Y = 3,84214 - 0,00822X + 0,00012305X^2$ $R^2 = 0,9084$ $X = 33,4 \rightarrow Y_{min} = 3,70$ $X = 100 \rightarrow Y_{max} = 4,29$						
<b>N-NH<sub>3</sub> (%NT)</b>	3,20	3,36	2,52	2,35	2,43	9,62
$Y = 3,35714 - 0,0161X + 0,00005905X^2$ $R^2 = 0,6522$ $X = 100 \rightarrow Y_{min} = 2,34$ $X = 0 \rightarrow Y_{max} = 3,36$						

Fonte: JANUÁRIO, 2010.

O mesmo autor avaliando a concentração de N-NH<sub>3</sub> nas silagens verificou valores de 3,20 – 2,43% para as silagens de maniçoba e Erva-Sal, respectivamente, de modo que a redução na concentração de nitrogênio amoniacal foi influenciada pelos percentuais de inclusão da erva-sal, possivelmente devido aos maiores teores de matéria seca contribuindo assim, para inativação ou redução de enzimas responsáveis pela proteólise. Da mesma forma, Santos (2010), em estudos com capim-elefante com diferentes níveis de Erva-Sal registrou diferenças (P<0,05) para o teor de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total entre as silagens em função da adição de Erva-Sal ao material ensilado, indicando uma fermentação eficiente (Figura 3).



**Figura 3. Silagem de Capim-Elefante com diferentes níveis de Erva-Sal**

O nitrogênio na forma volátil está associado ao teor de MS da silagem, ou seja, quanto maior a umidade do material, maior será o teor de nitrogênio amoniacal, o que leva a inferir que os baixos teores de N-NH<sub>3</sub>/NT obtidos nas silagens analisadas podem estar relacionados aos teores de MS das mesmas no momento da ensilagem.

### 1.7.6.3 Consumo de Nutrientes

A Erva-Sal (*Atriplex nummularia* Lind.) é uma planta halófito, que pode ser considerada como um alimento volumoso de boa qualidade. Entretanto, deve-se ter bastante atenção em seus níveis de fornecimento, uma vez que níveis excessivos dessa forragem, principalmente quando jovem, tende a limitar a aceitabilidade desse arbusto pelos animais, aumentando assim a demanda de água.

BARROS e colaboradores, em 1997, citados por GONZAGA NETO (1999) afirmam que a qualidade do alimento depende fundamentalmente de seu valor nutritivo e da taxa de consumo voluntário. Este último exerce peso muito forte na qualidade do alimento podendo tornar-se um fator limitante, mesmo que o valor nutritivo se apresente satisfatório.

O consumo voluntário é o fator mais importante para determinar o desempenho animal, pois é o primeiro fator influenciador do ingresso de nutrientes, principalmente, energia e proteína, necessárias ao atendimento das exigências de manutenção e produção animal (NOLLER

& NASCIMENTO, 1982). Nos ruminantes, o consumo é regulado pelos requerimentos nutricionais e pelos processos metabólicos e fisiológicos. O consumo de matéria seca afeta o desempenho animal, uma vez que engloba a ingestão de todos os nutrientes e determina a resposta animal (VIEIRA et al., 1996; BARROS et al., 1997).

SOUTO et al (2002)a, trabalhando com diferentes níveis de feno de Erva-Sal para

ovinos em confinamento, observaram que o consumo do NDT expresso em g/dia, %PV e g/kgPV<sup>0,75</sup>/dia apresentou um comportamento linear decrescente, em função dos percentuais de volumoso utilizado nas dietas, não ocorrendo efeito para os demais nutrientes estudados, enquanto o consumo do EE expresso em %PV e g/kgPV<sup>0,75</sup>, apresentou um comportamento linear crescente, influenciado, possivelmente, pelo aumento dos teores de gordura nas dietas. O consumo de MS expresso em %PV variou de 3,14 a 4,37%, ficando para alguns níveis de feno de Erva-Sal (38,38; 52,55 e 83,72%) muito próximo ao ideal que seria 4,30%. Todavia, ocorreu um baixo consumo de energia (NDT) que foi de aproximadamente 505 g/dia, ficando abaixo do desejado que seria de 830 g/dia. Esse baixo consumo de energia expressa o baixo potencial energético da maioria das alternativas forrageiras tropicais.

ALVES et al. (2004), comparando o consumo de dietas com feno de Erva-Sal e palma forrageira, entre caprinos e ovinos, observaram que ocorreu diferenças significativas, pelo teste ao nível de 5% de probabilidade para FDN, FDA, MO, EE e água, e a 1% de probabilidade para MS, PB e MM. Assim, verificou-se um maior consumo de todos os nutrientes pela espécie ovina, o que deve ser destacado. SOUTO et al. (2004a) observaram que a elevação de níveis de feno de Erva-Sal nas dietas para ovinos não alterou o consumo da MS, PB e FDN expressos em kg/dia, podendo-se inferir que, o alto teor de sais presentes na Erva-Sal, não é por si só um limitador do consumo para os ovinos. O consumo médio de matéria seca de 805,68 g/dia para os ovinos foi inferior ao encontrado por (SOUTO et al. 2004a) de 1.037 g/dia. Segundo SWINGLE et al., (1996). Isso pode estar relacionado com a forma em que os sais se encontram nas plantas halófitas não alterando significativamente a aceitabilidade pelos animais. Essa afirmação, não pode ser generalizada e não condiz com o comportamento alimentar observado neste experimento, que evidenciou a menor aceitabilidade dos caprinos pela dieta composta de feno de Erva-Sal.

O consumo de MS, obtido em g/kg<sup>0,75</sup>PV/dia (Tabela 8), foi de 49,86 e 77,47, respectivamente, para caprinos e ovinos, evidenciando que a ingestão dos ovinos foi superior ao valor observado por ARAÚJO et al., (2000), que utilizando feno de maniçoba e raspa de mandioca enriquecida com ureia na alimentação de ovinos obteve 66,0 g/kg<sup>0,75</sup>PV/dia e GONZAGA NETO (1999), com feno de catingueira, que obteve 45,0 g/kg<sup>0,75</sup>PV/dia. Por outro lado, BARROS et al. (1990), trabalhando unicamente com feno de maniçoba, obtiveram um consumo de 97,6 g/ kg<sup>0,75</sup>PV/dia, valor superior ao registrado por ALVES et al. (2004).

ALVES et al. (2004) relatam que os níveis de ingestão de proteína bruta para as duas espécies, em relação à recomendação do NRC (1975) de 142g/dia, foram bem inferiores, mostrando a necessidade da adição de outros ingredientes proteicos ou NNP (ureia). Neste sentido, SANTOS et al. (1997) afirmaram que a palma forrageira, pela composição química e digestibilidade evidenciados nos trabalhos de alimentação, comprova ser um alimento energético, de boa qualidade, necessitando, contudo, ser completado com alimentos proteicos e fibrosos.

Na Tabela 8 encontram-se as médias, desvio padrão e CV para os consumos de MS, PB, FDN, FDA, MM, MO, EE CHO, expressos em gramas por dia (g/dia), em porcentagem de PV e em unidade de tamanho metabólico (g/kg<sup>0,75</sup>), e o consumo de água em litros por dia (kg/dia), da palma forrageira e do feno de Erva-Sal por caprinos e ovinos.

**Tabela 8. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para os consumos de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM), expressos em gramas por dia (g/dia), em porcentagem de peso vivo (%PV) e em unidade de tamanho metabólico (g/kg<sup>0,75</sup>), e o consumo de água em litros por dia (kg/dia), da palma forrageira e do feno de Erva-Sal por caprinos e ovinos. (Fonte: Alves et al, 2004).**

Unidades	Espécie Animal		t calc.	CV (%)
	Caprino	Ovino		
	Média+Desvio padrão	Média+Desvio padrão		
<i>Consumo de matéria seca</i>				
g/dia	470,00 □ 188,46	805,68 □ 172,43	2,90** □	38,91
%PV	2,36 □ 0,88	3,55 □ 0,80	2,20* □	38,55
g/kg <sup>0,75</sup> /dia	49,86 □ 18,96	77,47 □ 17,16	2,39* □	38,61
<i>Consumo de proteína bruta</i>				
g/dia	27,37 □ 14,13	55,53 □ 12,08	3,38** □	40,10
%PV/dia	0,13 □ 0,06	0,24 □ 0,05	2,80* □	40,47
g/kgPV <sup>0,75</sup> /dia	2,89 □ 1,40	5,33 □ 1,19	2,96** □	40,08
<i>Consumo fibra em detergente neutro</i>				
g/dia	168,44 □ 76,80	290,91 □ 85,85	2,29* □	41,64
%PV/dia	0,84 □ 0,37	1,28 □ 0,38	1,75 <sup>ns</sup> □	42,60
g/kgPV <sup>0,75</sup> /dia	17,88 □ 8,03	27,95 □ 8,28	1,90* □	42,22
<i>Consumo de matéria mineral</i>				
g/dia	85,16 □ 29,13	161,12 □ 38,22	3,35** □	36,11
%PV/dia	0,42 □ 0,14	0,71 □ 0,17	2,71* □	35,65
g/kgPV <sup>0,75</sup> /dia	9,05 □ 3,00	15,48 □ 3,67	2,89** □	35,63
<i>Consumo de água</i>				
L/dia	2,31 ± 0,67	3,42 + 1,68	3,02*	44,77

A ingestão de água varia de acordo com o clima, adaptação, dieta, tamanho corporal, trabalho, produção, idade e condição fisiológica, e nas cabras e ovelhas esta variação no consumo de água oscila entre 4 e 15 L/dia. Portanto, o valor encontrado no presente trabalho de 2,31 e 3,42 L/dia para caprinos e ovinos, respectivamente, foram inferiores aos requisitos de água para estas espécies. Isto pode ser explicado pelo suprimento de água pelos animais com o fornecimento da palma forrageira.

SOUZA et al. (2004), avaliando o consumo exclusivo de feno de Erva-Sal, em caprinos e ovinos (Tabela 14), obtiveram valores de consumos da matéria seca de 30,34 e 77,32 % expressos em g/kg<sup>0,75</sup>/dia, para caprinos e ovinos, sendo inferiores aos encontrados por BARROS et al., (1990) de 98,3 g/kg<sup>0,75</sup>/dia, para o feno da maniçoba. Em relação ao consumo da proteína bruta e fibra em detergente neutro, as médias encontradas de 14,22 e 23,96% foram superiores às encontradas por GONZAGA NETO

(1999) de 6,1 e 18,9 g/kg/0,75/dia, para o feno da catingueira, respectivamente. Os consumos dos nutrientes da matéria seca, fibra em detergente neutro e extrato etéreo, expressos em g/kg/0,75/dia, não foram significativos ( $P>0,05$ ) entre caprinos e ovinos. Já os consumos de proteína bruta, fibra em detergente ácido, matéria mineral, matéria orgânica e carboidrato, expressos na mesma unidade tiveram diferença significativa ( $P<0,05$ ) entre caprinos e ovinos. Os consumos dos nutrientes da MS e FDN, expressos em g/dia, % PV e em g/kg/0,75/dia, não foram significativos ( $P>0,05$ ) entre caprinos e ovinos. Em relação à água consumida houve diferença significativa ( $P<0,05$ ), entre caprinos e ovinos, certamente devido ao consumo do feno da Erva-Sal ter sido mais expressivo pelos ovinos.

Na Tabela 9 encontram-se as médias, desvio padrão e CV para os consumos de MS, PB, FDN, FDA, MM, MO, EE e CHO, expressos em gramas por dia (g/dia), em porcentagem de peso vivo (%PV) e em unidade de tamanho metabólico (g/kg<sup>0,75</sup>), e o consumo de água em quilogramas por dia (kg/dia), do feno da Erva-Sal por caprinos e ovinos

**Tabela 9. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação (CV) para os consumos de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE) e carboidrato (CHO), expressos em gramas por dia (g/dia), em porcentagem de peso vivo (%PV) e em unidade de tamanho metabólico (g/kg<sup>0,75</sup>), e o consumo de água em quilogramas por dia (kg/dia), do feno da Erva-Sal por caprinos e ovinos\***

Variáveis**	Espécie Animal				CV%
	Caprino		Ovino		
Consumo de matéria seca					
g/dia	228,5a	154,19	671,3a	70,41	28,59
%PV	1,93a	0,77	3,76a	0,44	10,85
g/kg <sup>0,75</sup> /dia	30,34a	17,67	77,32a	8,78	27,03
Consumo de proteína bruta					
g/kg de PV/dia	19,36a	12,87	53,88a	5,60	28,88
%PV/dia	0,11b	0,06	0,30a	0,03	32,48
g/kgPV <sup>0,75</sup> /dia	2,21b	1,41	6,20a	0,68	32,70
Consumo fibra em detergente neutro					
g/kg de PV/dia	102,57a	67,50	297,66a	81,89	42,62
%PV/dia	0,69a	0,37	1,66a	0,47	41,24
g/kgPV <sup>0,75</sup> /dia	13,61a	7,68	34,30a	9,60	41,52
Consumo de matéria mineral					
g/kg de PV/dia	67,27b	48,46	234,68a	29,78	27,99
%PV/dia	0,45b	0,27	1,31a	0,18	26,40
g/kgPV <sup>0,75</sup> /dia	9,07b	5,90	27,03a	3,62	27,51
Consumo de água					
Kg/dia	2,56b	1,35	7,37a	1,07	22,11

\* Média +/- erro padrão e \*\* Valores na mesma linha, seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente;  
Fonte: SOUZA et al., 2004

### 1.7.7 Desempenho Animal

SWINGLE et al. (1996), utilizando cordeiros Suffolk x Rambouiller, alimentados com dietas contendo 30% de plantas halófitas e dieta controle, contendo feno de *Cynodon*

*dactylon* (L.) Pers, observaram ganhos médios diários de peso de 240 g, não ocorrendo diferenças entre as dietas. A ingestão de matéria seca foi maior nas dietas com halófitas, entretanto a eficiência alimentar destas dietas foi mais baixa.

SOUTO et al. (2002), trabalhando com dietas para engorda de ovinos, observaram que a média de ganho de peso de 116,0 g/dia obtida (Tabela 10), está dentro da faixa dos ganhos citados por BARROS et al. (1997b), em uma revisão de sete experimentos, com diferentes tipos de alimentos e de animais, realizados pela Embrapa Caprinos, onde borregos mantidos em confinamento apresentaram ganhos que variaram de 44,0 a 267,2 g/animal/dia.

Na Tabela 10 encontram-se as médias, CV, ER e  $r^2$  do ganho diário de peso vivo, expressos em gramas por dia (g/dia), em função dos diferentes níveis de feno de Erva-Sal nas dietas.

**Tabela 10. Médias, coeficientes de variação (CV), equações de regressão ajustadas (ER) e coeficientes de determinação ( $r^2$ ), do ganho diário de peso vivo, expressos em gramas por dia (g/dia), em função dos níveis de volumosos nas dietas**

	Níveis do Feno de erva-sal (%)					CV	ER	$r^2$
	Erva-Sal (%)							
	38,30	52,55	64,57	74,85	83,72	%	-	
GPD07	228	162	207	107	143	48,68	Y=163,00	- -
GPD14	186	137	112	107	100	56,03	Y=122,22	-
GPD21	195	130	127	86	82	47,51	Y=195,07-24,50**F	34,45
GPD28	193	160	139	112	62	36,98	Y=227,04-31,11**F	55,28
GPD35	181	136	133	98	83	26,48	Y=191,85-22,21**F	46,49
GPD42	145	139	138	103	69	25,84	Y=182,18-20,53**F	48,27

e \*\* Significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. Fonte: SOUTO, et. al. 2002

MATTOS, (2009) pesquisando dietas a base de feno da Erva-Sal com diferentes níveis de palma forrageira (0,0%; 28,6%; 50,5%; e 67,9 % na MS) verificou que o maior ganho de peso diário (GPD) ocorreu quando os animais receberam 28,6% de palma forrageira com dieta à base de feno de Erva-Sal com GPD de 0,271 Kg, cujos valores estão representados na Tabela 11.

**Tabela 11. Índice de eficiência de utilização de nutrientes e taxa de crescimento em cordeiros Santa Inês alimentados com níveis crescentes de palma forrageira**

Variável	Nível de palma forrageira (%MS)				EPM	Probabilidade		R <sup>2</sup>
	0,0	28,6	50,5	67,9		L	Q	
<i>Índice de eficiência alimentar</i>								
CA	5,53	4,82	4,77	4,62	0,13	*	ns	0,86
CAPB	0,98	0,73	0,69	0,64	0,03	***	*	0,98
CAEM	12,77	10,32	10,78	11,38	0,29	ns	***	0,92
<i>Taxa de crescimento</i>								
PCI	19,50	19,20	19,55	19,60	0,37	ns	ns	-
PCFi	31,41	34,39	33,67	32,87	0,50	ns	*	0,95
GPD	0,213	0,271	0,252	0,237	0,01	ns	**	0,92

MS= Matéria seca; MO= matéria orgânica; PB= proteína bruta; FDN= fibra em detergente neutro; CA= conversão alimentar (CA= CMS/GPD); CAPB=conversão alimentar da proteína bruta (CAPB= CPB/GPD); CAEM= conversão alimentar da energia metabolizável (CAEM= CEM/GPD); PCI= peso corporal inicial; PCFi= Peso corporal final; GPD= ganho em peso diário; EPM= erro padrão da média; L= efeito linear; Q= efeito quadrático; \* P<0,07; \*\*P<0,01; \*P<0,001; ns= não significativo (P>0,07); R<sup>2</sup>= coeficiente de determinação.

### 1.7.8 Custo e Comparação Econômica de Dietas Contendo Diferentes Níveis Feno de Erva-Sal

Os custos e as quantidades consumidas de feno de Erva-Sal, melancia forrageira e raspas de mandioca em cada dieta estão expostos na Tabela 17.

As quantidades consumidas decresceram com o aumento da proporção de feno nas dietas, porém as diferenças dos consumos de matéria seca, proteína bruta, matéria orgânica e fibra detergente neutra não foram significativas (SOUTO et al., 2004). O custo das dietas por kg de MS (Tabela 12) e o ganho de peso vivo total (Tabela 15) decresceram com o aumento do percentual de feno de Erva-Sal nas dietas. A maior eficiência alimentar da dieta com 38,29% de feno não garantiu os melhores indicadores financeiros. Para que a dieta de maior eficiência alimentar fosse aquela com melhor eficiência financeira, os custos do feno de Erva-Sal deveriam ser superiores em 38%, ou os preços das raspas de mandioca inferiores em mais de 30% aos preços praticados em fevereiro de 2002, considerando as demais variáveis constantes. A redução de mais de 30% no preço das raspas de mandioca parece ser cenário provável em algumas épocas do ano e regiões do Nordeste brasileiro.

**Tabela 12. Custos e quantidades consumidas dos ingredientes das dietas e custos das dietas com níveis crescentes de feno de Erva-Sal para ovinos sob confinamento, período de 42 dias**

		Custos dos ingredientes das dietas, R\$/kg de matéria seca (MS)			
Feno de Erva-Sal <sup>1</sup>		0,1174			
Melancia forrageira <sup>2</sup>		0,1520			
Raspas de mandioca <sup>3</sup>		0,1956			
		Feno de Erva-Sal % na dieta			
	38,29	52,55	64,57	74,85	83,72
		Quantidades consumidas (kg de MS)			
Feno de Erva-Sal	16,56	24,43	27,71	31,93	34,88
Melancia forrageira	2,85	2,53	1,91	1,54	1,19
Raspas de mandioca	23,83	19,53	13,29	9,19	5,58
Total da dieta	43,25	46,49	42,91	42,66	41,65
		Custo total (R\$ e R\$/kg de MS)			
Erva-Sal	1,9452	2,8695	3,2541	3,7500	4,0968
Melancia forrageira	0,4339	0,3844	0,2902	0,2341	0,1805
Raspas de mandioca	4,6627	3,8211	2,5998	1,7976	1,0914
Custo Total da dieta	7,0418	7,0750	6,1442	5,7817	5,3687
Custo da dieta por kg de MS	0,1628	0,1522	0,1432	0,1355	0,1289

1. Produção de 6.538 Kg de MS por hectare e oito anos de vida útil do plantio (ARAÚJO E PORTO, 2000);

2. Produção de 4.000 Kg de MS por hectare (Martiniano C. de Oliveira, comunicação pessoal);

3. Com 88,6% de MS (CAMPOS, 1981).

A maior relação custo/benefício foi obtida com a dieta contendo 64,57% de feno, 1,89, e a menor com dieta com 83,72%, 1,08. Essas relações são superiores às obtidas por COSTA et al. (2000), que alimentou ovinos, com peso médio variando de 15 a 20 kg, com rações contendo capim- elefante ("*Pennisetum purpureum Schum*"), farelo do feno de alfafa ("*Leucaena leucocephala*") e dejetos desidratados de suínos em diferentes proporções e obteve relações custo/benefício entre 0,55 e 1,07. O aumento da produtividade da Erva-Sal em até 30% permitiria reduzir os custos de dietas contendo feno de Erva-Sal em R\$ 0,017 por kg de MS, demonstrando a importância de estudos visando o aumento da produtividade da Erva-Sal.

São necessários estudos para determinar se as produções obtidas com as dietas estudadas conseguiram pagar os custos totais de produção.

A Tabela 13 refere-se aos valores de ganho de PV, receitas, indicadores financeiros e análise de sensibilidade da relação C/B das dietas com níveis crescentes de feno de Erva-Sal para ovinos sob confinamento, no período de 42 dias.

**Tabela 13. Ganho de peso vivo (PV), receitas, indicadores financeiros e análise de sensibilidade da relação custo/benefício das dietas com níveis crescentes de feno de Erva-Sal para ovinos sob confinamento, período de 42 dias**

	Feno de Erva-Sal, % na dieta				
	38,29	52,55	64,57	74,85	83,72
Ganho de peso vivo total, em kg	6,10	5,85	5,80	4,33	2,90
Receita <sup>1</sup> , R\$	18,30	17,55	17,40	12,99	8,70
	Indicadores financeiros				
Custo/Benefício <sup>2</sup> Total da Dieta	1,73	1,65	1,89	1,50	1,08
Receita – Custo Total da Dieta	5,16	4,63	5,46	2,88	0,43
Custo de produção de um quilo <sup>1</sup> , R\$	1,15	1,21	1,06	1,34	1,85
	<i>Análise de Sensibilidade de B/C</i>				
	Aumento nos custos de produção da Erva Sal				
Aumento de 10% (R\$ 0,1292/kg de MS)	1,69	1,59	1,79	1,41	1,00
Aumento de 20% (R\$ 0,1409/kg de MS)	1,64	1,53	1,71	1,33	0,94
Aumento de 30% (R\$ 0,1527/kg de MS)	1,60	1,47	1,63	1,25	0,88
	Aumento na produtividade de produção da Erva Sal				
Aumento de 10% (R\$ 0,1068/kg de MS)	1,78	1,72	1,98	1,59	1,16
Aumento de 20% (R\$ 0,0979/kg de MS)	1,82	1,77	2,07	1,68	1,24
Aumento de 30% (R\$ 0,0903/kg de MS)	1,85	1,82	2,15	1,76	1,31
	<i>Redução no preço da raspa de mandioca</i>				
Redução de 10% (R\$ 0,1761/kg de MS)	1,86	1,75	1,97	1,55	1,10
Redução de 20% (R\$ 0,1565/kg de MS)	2,00	1,85	2,06	1,60	1,13
Redução de 30% (R\$ 0,1369/kg de MS)	2,16	1,97	2,16	1,65	1,15

<sup>1</sup> Receita = Ganho de PV total x R\$ 3,00; <sup>2</sup> Benefício = Receita. Fonte: Araújo et al.

MATTOS, (2009) avaliando a rentabilidade econômica do uso de dieta à base de feno da Erva-Sal (*Atriplex nummularia L.*), com diferentes níveis de palma forrageira encontrou resultados satisfatórios do ponto de vista econômico, onde a inclusão de 67,9% promoveu melhor retorno financeiro (Tabela 14), com rentabilidade de 69,0%, resultados estes, indicando que a utilização da palma forrageira nos níveis estudados, apresenta-se como alternativa viável para a produção de cordeiros em confinamento.

**Tabela 14. Rentabilidade da terminação de cordeiros Santa Inês alimentados com feno de Erva-Sal com níveis crescentes de palma forrageira em sistema de confinamento**

Variável	Nível de palma (% MS)			
	0,0	28,6	50,5	67,9
Peso de carcaça quente (kg)	13,396	14,897	14,370	14,113
Custos				
Dieta (R\$/dia)	0,82	0,82	0,62	0,49
Vacina (R\$/dia)	0,20	0,20	0,20	0,20
Vermífugo (R\$/dia)	0,18	0,18	0,18	0,18
Mão de obra (R\$/dia)	13,81	13,81	13,81	13,81
<i>Avaliação econômica</i>				
Total da receita (R\$) <sup>1</sup>	127,26	141,52	136,52	134,08
Total dos custos (R\$) <sup>1</sup>	60,02	59,86	49,00	41,61
Margem bruta (R\$) <sup>2</sup>	67,24	81,66	87,52	92,46
Ponto de equilíbrio (kg) <sup>3</sup>	6,32	6,30	5,16	4,38
Custo por kg de carcaça (R\$/kg) <sup>4</sup>	4,52	4,03	3,41	2,96
Custo benefício <sup>5</sup>	0,48	0,42	0,36	0,31

<sup>1</sup>valor médio por animal; <sup>2</sup>total da receita (R\$)-total dos custos (R\$); <sup>3</sup>total dos custos (R\$) / pelo preço pago/Kg de carcaça (R\$); <sup>4</sup>total dos custos dividido pelo peso carcaça quente (Kg); <sup>5</sup>total dos custos (R\$) dividido pelo total da receita (R\$)

### 1.7.9 Considerações Finais sobre a erva-sal

Quando se pensa em estabelecer uma plantação de *Atriplex* visando a produção de forragem, devemos levar em consideração que este recurso esteja orientado como um complemento alimentar para os rebanhos, sobretudo nas épocas críticas para o Semiárido.

O importante é fornecer a erva-sal associada (seja na forma de silagem ou feno) a outro alimento que a complemente, podendo citar espécies como palma forrageira, capim-elefante, gliricídia, capim buffel, raspa de mandioca, melancia forrageira, entre outros; dependendo do já exposto, equilíbrio nutricional do conjunto.

A erva-sal é considerada como um alimento volumoso de boa qualidade. Entretanto, deve-se ter bastante atenção em seus níveis de fornecimento, uma vez que níveis excessivos dessa forragem, principalmente quando jovens, tendem a limitar a aceitabilidade desse arbusto pelos animais, aumentando assim a demanda de água. Logo, faz-se necessário planejar o consumo, sobretudo nos períodos críticos de cada ano, sempre tendo em mente que esta forragem deve ser encarada como mais uma alternativa estratégica para alimentação animal e nunca como solução exclusiva.

### 1.8 Novas Perspectivas de cultivos

Em virtude da grande crise hídrica que todos os países atualmente vivenciam, o uso de águas salinas e salobras tem sido assunto de muita relevância para institutos internacionais de pesquisa. Uma dessas instituições, recentemente criada, é o International Center for Biosaline Agriculture (ICBA). É que, nas próximas décadas o uso de água com qualidade na produção agrícola terá restrições, considerando que a prioridade para essas águas deve ser a dessedentação das crescentes populações. Daí, nos últimos anos pesquisadores tem trabalhado em alternativas que viabilizem o uso de águas, consideradas marginais, em alternativas na produção de alimentos. Vários países já as usam com sucesso.

O êxito para o uso de águas marginais, na irrigação, tem como base os resultados de pesquisas desenvolvidas nas áreas de física e química de água e solo; da tecnologia da irrigação; da fisiologia vegetal e da drenagem. O manejo de solo e água na irrigação é fator essencial para o bom desempenho do cultivo e para a sustentabilidade do meio ambiente. Em muitos casos, a drenagem é componente importante.

No Brasil também se tem observado alguns estudos com uso de águas marginais. No entanto, ainda são incipientes, em especial em se tratando de águas salinas. Por outro lado, algumas observações de campo com espécies forrageiras têm evidenciado grande potencial de desempenho quando irrigadas com concentrado da dessalinização de salinidade em torno de 12,0 dS/m. Duas dessas espécies merecem destaque; são elas: a *Gliricidia sepium*, conhecida popularmente como gliricídia, e *Opuntia ficus-indica*, conhecida como palma forrageira.

É importante ressaltar que, em função do comportamento observado visualmente por estes cultivos, em que já por mais de três vêm recebendo irrigações com concentrado da dessalinização sem apresentarem nenhum sintoma de intoxicação salina, pesquisadores da Embrapa Semiárido estão colocando nos campos experimentais da instituição em Petrolina – PE, estudos científicos para que sejam tiradas conclusões não só sobre seus desempenhos, mas também, sobre a retirada de sais do solo.

### 1.8.1 Gliricídia

A Gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) é uma leguminosa perene de porte arbóreo, pertencente a família Fabacea, nativa da América do Sul e Central (Reis et al, 2012). Características importantes nessa planta: crescimento rápido e enraizamento profundo, conferindo-lhe tolerância à seca, sendo seu plantio recomendado para a região semiárida brasileira. A foto 14 mostra a exuberância desta planta cultivada na região semiárida brasileira. É importante ressaltar que, logo a seguir da gliricídia, encontra-se um plantio de capim elefante, planta esta considerada tolerante a salinidade, no entanto já apresenta sintomas de intoxicação pelo sal. Sintoma que não é apresentado pela gliricídia.



**Foto 14. Plantio de Gliricidia irrigada com o concentrado da dessalinização e do capim elefante com sintomas de intoxicação pelo sal.**

É importante contextualizar que esta espécie apresenta interesse econômico em toda região do Nordeste do Brasil, em especial devido seu uso múltiplo tais, como: adubação verde, fixadora biológica do nitrogênio, reflorestamento de áreas degradadas, cerca viva, recicladora de nutriente e melhoradora das condições físicas e biológicas do solo. Igualmente, suporta cortes periódicos como consequência da sua alta capacidade de rebrota. Tolerância solos ácidos, porém o pH na maioria de suas áreas de distribuição natural é de 5,5 a 7,0. Mesmo com todas suas potencialidades, são escassas as informações da tolerância da gliricídia à salinidade.

Por suas características bromatológicas a espécie é indicada como forrageira para bovinos, caprinos e ovinos. Em função da sua composição química, o valor nutritivo da Gliricídia apresenta um conteúdo médio de proteína bruta entre 22 e 24% (Morales, 1996). Entretanto, mesmo apresentando alta qualidade como forrageira e razoável produção de biomassa, seu uso in natura pode ser limitado devido ao odor provocado pela liberação de componentes voláteis em sua folhagem e sua possível toxidez, principalmente para animais não ruminantes. Todavia, problema como esse pode ser resolvido, desidratando as folhas ao sol (sob a forma de feno). Por outro lado, os efeitos tóxicos dessa leguminosa são atribuídos devido à presença de cumarina e sua conversão em produto hemorrágico, o dicumerol, por bactérias, durante sua fermentação (Simons e Stewart, 1994).

A principal expectativa do uso de leguminosas como forrageira é a melhoria da produção animal com redução dos custos de produção. Diaz et al compararam o efeito da substituição parcial de 37% de polidura de arroz por forragem fresca de Gliricídia sepium em cordeiros mestiços da raça West-African, desmamados, pesando em média 11 Kg, tendo como dieta basal feno moído de Cynodon sp. O estudo concluiu que o consumo do feno não foi afetado. Também, houve um aumento significativo no consumo da matéria seca total. Desse modo ficou evidenciado que a suplementação parcial com folha de Gliricídia permitiu reduzir a utilização de polidura de arroz no nível estudado.

No que diz respeito à reprodução, um aspecto importante é que a Gliricídia pode ser estabelecida por sementes ou por estacas, diretamente no campo ou através de mudas previamente desenvolvidas em viveiros. No caso de uso de mudas, estas precisam ser produzidas com dois meses de antecedência ao plantio. Em linhas gerais, a escolha do método a ser utilizado vai depender de fatores tais como: condições climáticas e disponibilidade de sementes, que neste último, nem sempre é fácil encontrarem-nas nos mercados.

A Gliricídia apresenta crescimento rápido e enraizamento profundo, como já foi mencionado, além de suportar muito bem a realização de cortes periódicos, consequência de sua alta capacidade de rebrota. Segundo Barreto, et al (2001), quatro meses após o corte, em geral, a gliricídia recompõe toda sua parte aérea, possibilitando a realização de três ou mais cortes por ano, de conformidade com as condições ambientais da área onde está sendo cultivada. Essa espécie suporta altos níveis de radiação solar, respondendo com altas taxas de fotossíntese, com comportamento semelhante às plantas C4. Não tem espinhos, o que facilita o seu manuseio.

O conhecimento das características culturais da espécie é essencial para adequá-la ao manejo apropriado em função do ambiente em que o cultivo será explorado. Ella et al. (1989), avaliando o efeito de quatro densidades de plantio (5.000, 10.000, 20.000 e 40.000 plantas/há) e duas frequências de corte (6 e 12 semanas), sobre a produção forrageira de Gliricídia em duas épocas do ano (seca e chuvosa) obtiveram uma produção média de MS igual a 7,7 t/há/ano. Além disso, estes autores constataram que as produções relacionaram-se positivamente com a precipitação, e que a produção de folhas e de caule foi positivamente relacionada com a densidade e como intervalo entre cortes, ou seja, os melhores rendimentos (11,2 t/há/ano) foram conseguidos na maior densidade e intervalos de cortes com 12 semanas. Segundo os mesmos autores, quando o espaçamento entre plantas foi reduzido, a produção por planta diminuiu devido à concorrência, entretanto a produção de forragem total por unidade de área aumentou.

Por fim, a Gliricídia por ser uma espécie com várias aplicações na agricultura e na pecuária, e por sua versatilidade de se adaptar a diferentes ambientes, tem sido bastante estudada. Estes conhecimentos são essenciais para prover melhorias nas técnicas de manejo, de modo a garantir produtividade e persistência dessas plantas. Além disso, as descrições apresentadas sobre seus hábitos de crescimento e efeitos na produção animal são importantes por estarem relacionados às perspectivas de seu aproveitamento em áreas marginais. Todavia, é importante evidenciar que existe uma grande escassez de informação sobre o desempenho da Gliricídia em ambientes salinos, exceção feita sobre a produção de mudas.

Por outro lado, em observações preliminares, em campos experimentais da Embrapa Semiárido, a Gliricídia, irrigada com água salina, chegou a produzir 26,7 ton/há de matéria seca, em três cortes, sendo o primeiro aos nove meses e os demais a cada sete meses, com média de retirada de sais do solo em torno 7,6 % do total da matéria seca produzida (Hermes et. al., 2014). Todavia, foram apenas observações sem nenhum delineamento estatístico. Daí a necessidade de avaliações experimentais mais detalhadas para confiabilidade das informações.

## 1.8.2. Palma forrageira

A Palma forrageira (*Opuntia fícus-indica*, Mill) é uma embryophyta perene, de porte alto, pertencente à família das Cactáceas. É uma cultura nativa do México, sendo hoje encontrada em todo o mundo. No gênero *Opuntia*, já foram identificadas cerca de 300 espécies, distribuídas desde o Canadá até a Argentina.

Existem algumas controvérsias sobre a chegada da palma no Brasil (Simões et al., 2005). Há relatos que a mesma foi cultivada inicialmente pelo frei José Mariano da Conceição, na cidade do Rio de Janeiro. É que ele tinha interesse na produção de carmim. Só no início do século XX é que a palma foi introduzida no nordeste do Brasil, sendo disseminada por ordem governamental após a seca de 1932 (Lima et al, 2001). Mas, ela só se popularizou através da observação dos produtores. Eles perceberam que as pequenas plantações, já estabelecidas, eram insistentemente procuradas, não só pelos

bovinos, mas também, por caprinos e ovinos.

Por suas características como cactácea, adaptou-se muito bem às condições do semiárido brasileiro, passando a ser cultivada em larga escala pelos pecuaristas das bacias leiteiras do Nordeste, principalmente de Alagoas e Pernambuco, tornando-se numa das forrageiras mais importantes para o gado em época de secas. É que, nestas áreas, os animais estão sujeitos a déficit alimentar, visto que as pastagens apresentam baixa produtividade e valor nutritivo em função da lignificação da parede celular e do decréscimo de proteína bruta das plantas, reduzindo a produção de carne (Madruga et al., 2005).

Não é por acaso que a palma forrageira é a mais importante cactácea utilizada na agricultura. Ela é considerada uma das plantas mais eficientes no uso da água. É que esta planta, fisiologicamente, desenvolve um processo fotossintético conhecido como Metabolismo Ácido das Crassuláceas (MAC), o qual faz com que a planta desenvolva uma alta eficiência no uso da água. Neste processo, ela absorve o CO<sub>2</sub> no período noturno e o transforma em biomassa pela luz solar durante o dia. Em português, este processo é conhecido como CAM.

Modificações rápidas no clima, mesmo por curto espaço de tempo, força a planta a gerar respostas, também rápidas, principalmente quando se trata de aumento de temperatura e redução da umidade do ar. Quando submetida a estas condições climáticas durante o dia, a palma reduz a acumulação de ácido málico durante a noite em cerca de 70%, em função quase nula da incorporação de CO<sub>2</sub>. No entanto, quando submetida a situações de seca progressiva e prolongada, a palma se adapta gradualmente ao estresse hídrico.

Esta adaptação envolve modificações bioquímicas e morfológicas, como fechamento dos estômatos, diminuições na acumulação de CO<sub>2</sub> e da síntese de ácido málico, parada do crescimento da planta, redução da superfície foliar, e translocação de água do tecido suculento para o tecido clorenquimatoso.

Mesmo assim, conforme Han e Felker (1997), a palma forrageira apresentou uma eficiência no uso de água de 162 Kg de H<sub>2</sub>O por Kg de matéria seca, eficiência superior a as espécies com metabolismo C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>. Em relação às plantas C<sub>3</sub> essa superioridade chega a ser até onze vezes mais eficientes no uso da água. Já de acordo com Mohamed-Yasseenet al (1996), o potencial de adaptação desta cultura ao ecossistema semiárido, também tem a ver com a sua capacidade de armazenar água e nutrientes no período chuvoso, para usa-los no período seco, o que a difere de algumas espécies tolerante a seca.

Em pesquisas desenvolvidas em zonas áridas e semiáridas do Mediterrâneo, a palma atingiu produtividades que variaram entre 60 e 80 toneladas de matéria verde por hectare por ano, que corresponderam a 12 a 14 toneladas de matéria seca, sem nenhum tipo de adubação e sob um regime de 400 a 600 mm de chuva por ano. Todavia, em outras regiões áridas e semiáridas, com precipitações anuais variando de 200 a 400 mm por ano, o rendimento médio obtido tem sido em torno de 8 toneladas de matéria seca. No entanto, rendimentos em torno de 50 toneladas de matéria seca por hectare podem ser conseguidos sob condições favoráveis de água e nutrientes.

A grande competitividade das cactáceas, em regiões secas, também é atribuída à importância de seu sistema radicular. No caso da palma, a maior parte de seu sistema radicular tende a ser superficial, distribuindo-se nos primeiros 20 centímetros de profundidade do solo. Em geral, o total de raízes representa de 7 a 14 % do peso total da planta (Nobel, 1988). Este baixo peso seco das raízes reflete a alta eficiência de uso água das plantas CAM, em comparação com as plantas de metabolismo C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>. Segundo

Nobel (1988), as plantas CAM necessitam menos tecidos nas raízes para absorver água.

Todavia, durante o estresse hídrico as perdas de água poderiam ser excessivas, se não fosse pela ação dos mecanismos de adaptação das plantas CAM, tais como: (1) morte de parte das raízes, em especial as raízes laterais; (2) diminuição da condutividade hidráulica das raízes, devido ao colapso parcial das células do córtex pela desidratação das camadas da periderme suberizada, quando o período de estresse é prolongado. Esta desidratação induz a entrada de ar no xilema, efeito dominante, o que interrompe a continuidade do fluxo de água, portanto, o fluxo no xilema. No entanto, depois que as raízes se hidratam, o embolismo se reverte permitindo o desenvolvimento de novas raízes e o restabelecimento da capacidade de captação de água do sistema radicular (Nobel, 1994).

De acordo com estudos feitos no México, 96% das raízes da palma foram encontradas na camada de solo de 0 a 18 cm de profundidade (Aguierre-Rivera, J. R. et al. 1999). Esta massa de raízes tem uma importância muito grande não só no aproveitamento de chuvas finas, como também no aproveitamento do orvalho que costuma fazer em noites frias. Em geral, estas raízes se formam no primeiro ano de vida da cultura e se estende por até 1,8 m de distância da planta. Esta característica é de suma importância para o estabelecimento de um manejo de água apropriado, quando do cultivo da palma sob irrigação.

Quanto aos atributos da fertilidade de solo, o fósforo e o potássio são elementos essenciais para o crescimento da palma e dentre as suas funções uma delas é estimular o crescimento do sistema radicular. Estudos desenvolvidos, em casa de vegetação, na Universidade da Califórnia concluíram que níveis altos de NaCl, boro, Cu, Zn, Ca e pH têm influência no rendimento da palma forrageira. Notaram também que a cultura foi tolerante ao baixo nível de cálcio e a variação de pH entre 4,4 e 8,5 (Berry Y Nobel, 1985).

Todavia, as exigências nutricionais da palma é função do tipo de produção, da espécie e da variedade. Esta planta é possuidora de uma alta interatividade com o meio ambiente, a exemplo dos mecanismos usado por ele na absorção de CO<sub>2</sub> e água. Ela é capaz de absorver grandes quantidades de nutrientes do solo. Santos et al., (1990), constatou, ao analisar N, P, K e Ca, na matéria seca, teores correspondentes a 0,9%, 0,16%, 2,58% e 2,35%, respectivamente. Menezes, et al., (2005), encontrou uma relação direta entre o nível de fósforo disponível no solo e a produtividade de matéria seca. Dubeux Júnior et al. (2006), em experimento realizado na região semiárida de Pernambuco, concluíram que a espécie *Opuntia fícus-indica* respondeu à adubação fosfatada, com aumento de produtividade, apenas em solos com teores de fósforo abaixo de 10 mg. Kg<sup>-1</sup>.

Considerando que a palma é um cultivo perene, a identificação de práticas de manejo capazes de manter a produtividade do cultivo por longo prazo se faz necessárias. No ato de implantação da cultura, são muitos os gastos com preparo de solo, adubação e compra de raquete. Por esta razão, algumas práticas de manejo precisam ser avaliadas para que se obtenha a maior produtividade com os menores custos. Práticas como espaçamento de plantio, adubação e frequência de colheita têm sido evidenciadas como de influência na produtividade do palmal.

O uso do plantio da palma adensado tem dado como resposta o aumento de produtividade. Em pesquisa sobre o comportamento de cinco cultivares de palma, foi verificado que o plantio adensado resultou em um aumento significativo de produtividade, tanto em matéria verde, como em matéria seca. Através deste trabalho, ficou evidenciada que a maior densidade de plantio contribui para o aumento da taxa de assimilação líquida, que por sua vez, apresenta uma estreita relação com o índice de área foliar. Em trabalho

realizado com *Opuntia ficus-indica*, no México, utilizando os espaçamentos de 1,0m X 0,25m e 0,50m X 0,25m, foram obtidas produções de 58,0 e 64,8t/há de matéria verde, respectivamente.

Quanto à produção de palma forrageira irrigada, a literatura é muito reduzida. É que a utilização desta prática tem sido fruto destes últimos anos de seca que tem afetado o semiárido brasileiro. Por esta razão, são poucos os trabalhos científicos conclusivos. No entanto, em função da necessidade de se produzir alimentos para os rebanhos que estavam sendo dizimados pelos consecutivos anos de seca, alguns estados se atreveram a produzir a palma através da tecnologia da irrigação. Dentre estes, estão os estados do Ceará e de Pernambuco. De fato, os resultados preliminares são animadores. Em sistema de produção de palma adensada, produtividades de matéria verde em torno de 600 t/há/ano, foram conseguidas (Lima, 2010).

Em função de seu processo fisiológico de fotossíntese, a palma é considerada, cientificamente, como uma das plantas mais eficientes no uso da água. Enquanto uma planta  $C_3$  (leguminosa) necessita entre 600 a 800 Kg de água para produzir 1,0 Kg de matéria seca e uma  $C_4$  (gramínea) de 300 a 400 Kg, a palma, por ser uma planta CAM, necessita de apenas 50 a 100 Kg para a mesma produção. Mesmo não sendo ainda conhecida a taxa de evapotranspiração real da palma, é possível concluir que ela apresenta uma baixa demanda hídrica. Dados de Reis Filho et al. (2015) demonstram que, com 4000 m<sup>3</sup> de água por ano, o que representa quase 11.000 litros/há/dia, ou ainda 1,1 mm/m<sup>2</sup>/dia, é possível a obtenção de 800 ton/hectare/ano de matéria verde de palma forrageira. Levando em conta estes números, é possível estimar que, um poço tubular com vazão de 500 litros de água por hora, seria suficiente para irrigar 0,5 hectares de palma, com rendimento de 400 ton de matéria verde, sendo este montante de forragem suficiente para alimentar 40 animais adultos, por um período de 200 dias.

Como visto, a cultura da palma forrageira, quando submetida a um manejo adequado, pode oferecer uma grande contribuição para a segurança alimentar dos rebanhos e ao desenvolvimento da pecuária. Ensaio preliminares com a palma forrageira, desenvolvidos em campos experimentais da Embrapa Semiárido, usando água salina na irrigação, demonstrou um excelente desempenho da cultura. Inclusive evidenciando que a palma pode ser um grande sequestrador do elemento sódio (Na), o grande inimigo da estruturação dos solos. Por outro lado, com a perspectiva de uma maior disponibilidade de CO<sub>2</sub>, em função das mudanças climáticas, e que a palma incrementa sua produtividade nesta condição, além de que, com baixo quantitativo de água é possível obter-se significativas produtividades de matéria verde, a utilização da irrigação com águas salobras e salinas pode ser uma resposta para as limitações que atualmente vive a pecuária do semiárido brasileiro. A Foto 15 mostra o desempenho tanto da palma forrageira como da gliricídia, ambos cultivos irrigados com o concentrado da dessalinização.



**Foto 15. Cultivos da palma e gliricídia irrigados com o concentrado**  
**Foto: Everaldo Porto**

Todavia, mesmos com todos estes resultados animadores, há de ser considerado que são apenas evidências. O uso da irrigação no cultivo da palma forrageira é muito recente, com poucos dados de pesquisa científica realizada. Portanto, há necessidade de estudos, com base em metodologias científicas, para que seja avaliada a capacidade de produção da palma, irrigada com água salina ou salobra, como também, os seus possíveis impactos ao meio ambiente. Esta ação está sendo atualmente desenvolvida pela Embrapa Semiárido.

## 1.9 A Biodrenagem

### 1.9.1 Introdução

A capacidade de armazenamento de água do solo é componente importante na resolução da equação que define o ciclo hidrológico na natureza. De acordo com a literatura, os principais elementos do ciclo hidrológico podem ser resumidos através dos seguintes componentes:

1. Entradas – chuva, irrigação, etc.
2. Armazenagens – solo, lagos, açudes, etc.
3. Saídas – evaporação, transpiração, drenagem e escoamento superficial.

Dados de campo e de laboratório demonstram que, cada solo tem suas características específicas, a depender da definição de suas propriedades físicas, e que a capacidade de armazenamento de água de um perfil de solo pode ser maior ou menor, mas é limitada. Em longo prazo, as saídas têm que se igualarem as entradas. No entanto, em curto prazo estes quantitativos podem ser diferentes. O importante é que em áreas cultivadas não pode haver enxarcamento do solo, por longos períodos, sob pena de causar danos aos cultivos em função da falta de oxigênio ou pelo excesso de salinidade na zona do sistema radicular.

A instalação de drenos é uma técnica muito eficiente e bastante usada na remoção de excessos de água no solo. Em perímetros irrigados, o controle do nível do lençol freático e da salinidade nas áreas de plantio são componentes fundamentais para um bom manejo de solo e água. Quando este controle não é levado em conta, estes recursos se tornam marginais por serem considerados de qualidade inferior.

Por outro lado, em virtude da grande crise hídrica que todos os países atualmente vivenciam, o uso de águas salina e salobras tem sido assunto de muita relevância para institutos internacionais de pesquisa. Uma dessas instituições, recentemente criada, é o International Center for Biosaline Agriculture (ICBA). É que, nas próximas décadas o uso de água com qualidade na produção agrícola terá restrições, considerando que a prioridade deve ser a descendentação das crescentes populações.

Daí, nos últimos anos pesquisadores e engenheiros têm trabalhado em alternativas que viabilizem o uso de águas salinas na produção de alimentos. Para a eficácia no uso dessas águas, consideradas marginais, a utilização de sistemas de drenagem é fator decisivo. Atualmente, vários países já usam, com sucesso, água com significativos níveis de salinidade na irrigação de cultivos.

O êxito para o uso de águas marginais, na irrigação, tem como base os resultados de pesquisas desenvolvidas nas áreas de física e química de água e solo; da tecnologia da irrigação; da fisiologia vegetal e da drenagem. O manejo de solo e água apropriada na

irrigação é fator essencial para o bom desempenho do cultivo e para a sustentabilidade do meio ambiente. Neste caso, a drenagem é componente importante.

O uso de drenagem está muito relacionado às áreas irrigadas. Inadequado e inapropriado manejo de água na prática da irrigação pode causar sérios problemas, não só para os cultivos, como também para o meio ambiente. Controle da altura do lençol freático é fator fundamental para evitar problemas de excesso de umidade e aumento de salinidade na zona radicular dos cultivos.

Os sistemas convencionais de drenagem têm apresentado boas performances na resolução destes problemas. No entanto, o planejamento e a construção desses sistemas requerem habilidades da engenharia, muitas informações de campo, os custos são altos e o uso de máquinas especiais para a sua implantação. Estas exigências impedem, em muitos casos, a sua aplicação. Em alguns casos a topografia natural do terreno não permite o seu uso. Daí a pesquisa ter desenvolvido alternativas no campo da drenagem. Uma delas é a biodrenagem.

Por outro lado, um dos principais fatores determinante na sustentabilidade produtividade dos cultivos é o balanço de sais no sistema solo/água. Caso a salinidade aumente na zona radicular além do suportável pela cultura, e se esta não for reduzida pela drenagem ou por remoção dos sais pelas próprias plantas, a tendência dessa plantação é reduzir a produtividade.

Portanto, considerando que cultivos, inclusive variedades da mesma cultura, variam significativamente em seu potencial de transpiração e em sua tolerância a salinidade, institutos internacionais de pesquisa em agricultura têm usado estes fundamentos na avaliação do potencial e identificação de algumas culturas na recuperação de solos com excesso de água e de sais através da biodrenagem.

## 1.9.2 O conceito de biodrenagem

Biodrenagem pode ser conceituado como a forma de retirar o excesso de água de um perfil de solo saturado, através do uso de plantas providas de um sistema radicular profundo e que apresente alta taxa evapotranspiratória. Em outras palavras, consiste no plantio de espécies arbóreas, de crescimento rápido, capazes de absorver água da zona capilar do perfil do solo encontrada acima do lençol freático.

São muitos os estudos desenvolvidos nos Estados Unidos, Índia, Austrália e África do Sul sobre o uso consuntivo de diferentes espécies de plantas, em diferentes fases do ciclo fenológico e em diferentes condições de umidade e salinidade do perfil de solo, com resultados que viabilizam cada vez mais a possibilidade o uso da biodrenagem.

Experiências em países como Índia e Austrália têm comprovado a viabilidade técnica do rebaixamento do lençol freático com uso de vegetação. De acordo com estas experiências, o processo de instalação é simples, de baixo custo, sustentável e ecologicamente compatível tendo como base a capacidade da vegetação em transferir água para a atmosfera.

O princípio do processo se baseia na redução da recarga do lençol freático, ou seja, as entradas de água no perfil precisam ser menores ou iguais às saídas. Quando a planta apresenta uma taxa de transpiração igual à taxa de recarga do lençol freático, este entra em equilíbrio, não alterando a sua altura. As espécies arbóreas transpiram significativas quantidades de água.

Portanto, a biodrenagem pode ser considerada como um processo biológico para o tratamento de solos encharcados que usa cultivos apropriados, com maior capacidade de

transpiração e que tolerem determinados níveis de saturação de umidade e salinidade na zona explorada pelo sistema radicular. Neste contexto, a biodrenagem tem sido considerada não só uma alternativa ecologicamente sustentável por melhorar as condições do ambiente, mas também pelo seu potencial de ser economicamente viável.

Para o caso do Programa Água Doce (PAD), o grande desafio é: qual a melhor forma para disponibilizar o concentrado produzido pelo processo de dessalinização de água por osmose inversa, com o mínimo de impacto ambiental? Considerando a grande limitação na oferta de água com qualidade adequada para o consumo humano, a dessalinização de águas salinas e salobras tornou-se uma tecnologia essencial em localidades com recursos hídricos escassos, como é o caso do semiárido brasileiro. A solução ideal seria conter estes efluentes em reservatórios impermeabilizados. Todavia, nem sempre isto é possível.

### 1.9.3 Informações básicas para a instalação de um sistema de biodrenagem (Metodologia)

Nos próximos parágrafos serão apresentados os componentes gerais para desenvolvimento e implantação de projetos sobre a prática da biodrenagem. No entanto, inicialmente é necessário frisar que não existe nenhum estudo desenvolvido ou em desenvolvimento sobre a biodrenagem nas instituições de pesquisa brasileiras.

Todas as informações aqui repassadas baseiam-se em resultados de estudos desenvolvidos por instituições de pesquisa internacionais, principalmente Índia e Austrália, e que foram conduzidos em ambientes com condições climáticas semelhantes às do nordeste do Brasil. Portanto, o propósito desta nota é apresentar alguns elementos, sobre o manejo de solo e água marginais, para auxiliar o tomador de decisões a optar pela melhor alternativa a ser usada no campo quanto ao uso do concentrado.

#### 1.9.3.1 Componentes importantes na biodrenagem

Como relatado, o conceito de biodrenagem tem como pano de fundo dois fatores determinantes para o bom desempenho do sistema: o uso consuntivo e o nível de tolerância da cultura a salinidade na zona explorada pelo sistema radicular.

No meio ambiente natural, o regime hidrológico se movimenta na tentativa de entrar em equilíbrio quanto aos quantitativos do que choveu ou irrigou; evapotranspirou; o que armazenou no perfil de solo e o que drenou. Nos períodos de chuva mais intensos, o fluxo de drenagem é incrementado, o teor de umidade no perfil do solo cresce e a lâmina d'água do lençol freático aumenta. No decorrer do tempo estes componentes entram em equilíbrio.

Outro componente significativo para este balanço de água no solo é a vegetação a ser incorporada ao sistema. A retirada de água pela planta do perfil de solo, através da evapotranspiração, tem grande influência em provocar o desequilíbrio desse regime hidrológico. Algumas plantas retiram mais água, enquanto outras retiram menos. Estas

retiradas dependem do potencial de uso consuntivo da cultura e das condições do clima local.

Por outro lado, um dos principais fatores determinante na sustentabilidade do processo produtivo dos cultivos é o balanço de sais no sistema solo/água. Caso a salinidade aumente na zona ocupada pelo sistema radicular e esta não seja reduzida pela drenagem ou pela remoção realizada pelo próprio cultivo, a tendência dessa plantação é reduzir produtividade. Todavia, como mencionado, a capacidade das plantas em suportar e retirar sais do sistema solo/água é variável entre as espécies.

O conceito geral de balanço de sais em sistemas agrícolas é descrito em vários livros texto de irrigação. Estes focam no balanço de água e sais, mas raramente leva em consideração o balanço de nutrientes e o que a planta incorpora de sais em seus tecidos. Na biodrenagem estes elementos são fundamentais. É através da evapotranspiração e da retirada de sais pela planta que o sistema de biodrenagem tem sua funcionalidade.

### 1.9.3.1.1 Escolha da espécie vegetal apropriada

Esta é uma das etapas mais importante no processo de planejamento e instalação de sistema de biodrenagem. É importante lembrar que para a seleção da espécie vegetal a ser utilizada, a cultura necessita apresentar dois elementos importantes: alta taxa de evapotranspiração e tolerância à salinidade.

### 1.9.3.1.2 Importância da evapotranspiração da cultura a ser plantada

Kapoor (2000) recomenda para a biodrenagem cultivos que apresentem um potencial de evapotranspiração anual nunca inferior ao total de água do solo a ser removido anualmente da área a ser recuperada. Algumas espécies são capazes de extrair água de grandes profundidades. Em geral são do tipo arbóreo. Plantas com esta capacidade são conhecidas como "Phreatophitas. Elas são capazes de interceptar a água capilar que se instala antes da lâmina líquida do lençol freático. Isto é possível graças à capacidade de penetração de seu sistema radicular.

O processo evapotranspiratório é constituído por dois componentes: a transpiração, que corresponde lâmina de água que se transloucada pelo interior da planta e é transpirada para a atmosfera através dos estômatos; e a evaporada da superfície do solo, que é um processo de mudança da água do estado líquido para o gasoso, por incidência direta da radiação solar. Estes dois processos ocorrem simultaneamente. A taxa de transpiração depende principalmente das condições climáticas, da espécie vegetal, da fase fenológica do ciclo fisiológico e da disponibilidade de água no solo.

Para que o processo fisiológico da transpiração ocorra em seu potencial máximo, as plantas necessitam de um sistema radicular que forneça de forma adequada água e nutrientes. A utilização de espécies arbóreas é recomendável desde que o seu sistema radicular apresente potencial para alcançar grandes profundidades. Experiências desenvolvidas em Rajasthan – Índia, o Eucalipto conseguiu retirar água a profundidades de 10 metros (Kapoor, 2000).

Pesquisas estão sendo conduzidas na Austrália, África do Sul e Índia.sobre o uso consuntivo de espécies arbóreas (National Institute of Hydrology, 2000). Os resultados conseguidos nestes estudos têm variado, a depender da espécie, entre 7.700 a 28.000 metros cúbicos de água por ano por hectare. O Eucalipto chegou a evapotranspirar até 2.000 mm de água por ano, sendo considerada uma das espécies mais recomendada

para a biodrenagem. É importante ressaltar que este estudo específico foi desenvolvido por um período de oito anos em uma plantação de vinte e cinco hectares.

Sem levar em conta os efeitos do clima e da disponibilidade de água no solo, a literatura evidencia que, o incremento na evapotranspiração nas espécies arbóreas está diretamente relacionado ao crescimento da planta (National Institute of Hydrology). Quanto mais rápido crescer a planta, mais rapidamente sua taxa de evapotranspiração é aumentada. Esta característica é peculiar para os Eucaliptos.

No entanto, Yadav (1980) observa que este crescimento também tem muito a ver com o preparo do solo antes do plantio. Segundo ele, espécies como Eucaliptos, Prosopis e Acácia têm crescimento acelerado, quando o solo da área de plantio é tratado com gesso, esterco e uma pequena dose nitrogênio e fósforo. Por outro lado, a literatura é muito escassa sobre o uso consuntivo em espécies arbóreas. Exceção feita aos Eucaliptos.

Outros fatores também influenciam para a maior evapotranspiração em cultivos arbóreos, quando comparados aos cultivos arbustivos de ciclo anual. São duas as razões: a aerodinâmica da copa fazendo com que o ar, ávido por umidade, permaneça por mais tempo circundando a planta ao tempo que se enriquece pelo vapor transpirado; a formação de barreiras de quebra vento devido o plantio em fileiras dessas espécies. Estes dois fatores juntos contabilizam para que as espécies arbóreas tenham entre uma vez e meia a duas vezes a taxa de evapotranspiração apresentada pelos cultivos herbáceos. Daí a importância dos cultivos arbóreos na biodrenagem.

### 1.9.3.1.3 Tolerância à salinidade

Durante o processo de transpiração, as plantas também retiram sais do solo e os usam, até certo ponto, na produção de biomassa. Estes sais são distribuídos por todas as partes da planta. Algumas partes acumulam mais e outras menos. No entanto, a composição e a quantidade de minerais contendo na biomassa dependem da espécie e das características da água/solo onde a planta está submetida. As halófitas são as mais eficientes na retirada de sais do ambiente, em especial as do gênero *Atriplex*.

Os principais cátions encontrados na biomassa vegetal são:  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$ . Para as plantas classificadas com glicófitas, estes cátions representam, aproximadamente, 3,3 % do peso seco da biomassa. Quando da colheita da biomassa, estes minerais também são evacuados da área de cultivo. Portanto, se o rendimento de uma planta foi de 10 tons/há, 0,33 tons/há de cátions minerais foram também extraídos.

Diferentes espécies de árvores apresentam diferentes capacidades de crescimento e sobrevivência quando submetidas a ambientes salinos. Espécies como Tamarix, Prosopis e Acácia apresentam crescimento satisfatório até um nível de salinidade de 35 dS/m. Já o Eucaliptos cresce satisfatoriamente até um limite de salinidade de 25 dS/m. No entanto, em algumas fases do ciclo fenológico da plantação estes limites são reduzidos, principalmente, na fase de inicial de estabelecimento do cultivo.

Myers et al. (1998) encontrou que a maior ou menor taxa de transpiração apresentada pelo Eucaliptos não depende do nível de salinidade do meio onde o mesmo é cultivado, e sim da resposta dos estômatos ao aumento do déficit da pressão de vapor, o que não aconteceu com o gênero *Pinus* que apresentou uma diminuição no consumo de água em torno de 7 %. De acordo com este dado, o Eucalipto continuará transpirando, mesmo que a salinidade aumente. Todavia, a pesquisa não informa se o balanço de sais no solo é alterado por conta disto.

Estudos desenvolvidos pelo Nuclear Institute for Agriculture and Biology (NIAB), no Paquistão, demonstraram que o Eucalipto *camaldulensis* apresentou um desempenho superior ao apresentado pelo Eucalipto *microtheca* quando cultivado em ambiente salino-sódico. É importante ressaltar que este tipo de solo são os mais problemáticos por apresentarem reduzida condutividade hidráulica, em função da presença do sódio. Mesmo nesta condição, os totais do uso consuntivo das espécies, no período de um ano, foram 1050 mm e 1400 mm, respectivamente.

Com base ao exposto, fica evidenciado que os cultivos arbóreos são os mais eficientes no consumo e, conseqüentemente, na retirada de água do solo e que conseguem apresentar um índice de crescimento, mesmo em solos salinos sódicos. Como mencionado, estes estudos foram desenvolvidos em ambientes áridos e semiáridos de outros países. No entanto, alguns gêneros e espécies trabalhadas são comuns no semiárido brasileiro, tais como: Eucaliptos, Tamarix, Acácia, Leucaena e Prosopis. No caso do Brasil, trabalhos preliminares, em desenvolvimento na Embrapa Semiárido, evidenciam a *Gliricidia sepium* com potencialidade para o uso na biodrenagem.

### 1.9.3.2 Requisitos da área para a biodrenagem

Algumas propriedades físicas do solo têm efeito significativo ao se tratar de retenção e movimento de água no solo. De acordo com Beltran (1986), a condutividade hidráulica depende da fluidez da água, que é proporcional a sua viscosidade e densidade, e da macroporosidade do solo que, por sua vez, é função da textura e da estrutura do solo.

Como visto, a textura e a estrutura do solo são características que influenciam expressivamente a movimentação da água no solo, pois são eles que determinam a macroporosidade presente no perfil, que por sua vez, influenciam a condutividade hidráulica do solo. A textura é definida pelos teores de areia grossa e fina, de limo e de argila. É uma característica permanente de um solo. Para a definição da classe textural, é necessário o conhecimento da proporcionalidade dos vários tamanhos de partículas num dado solo.

Já a estrutura, por sua vez, é determinada pelo arranjo ou disposição com que estas partículas se aglutinam. É uma característica instável, pois pode ser modificada em função do manejo que seja dado ao solo. A estabilidade dos agregados é determinada pelos chamados agentes cimentantes, que são representados principalmente pela matéria orgânica e pelos óxidos de Fe e Al. Dessa forma, à medida que aumentam estes compostos no solo, maior é a possibilidade de ele apresentar estrutura mais estável (Shainberg e Levy, 1995).

Portanto, quanto mais grosseira a textura do solo, ou quanto mais estruturado o perfil de solo, maior a presença de macroporos, o que aumenta a velocidade de infiltração e a condutividade hidráulica. Já os solos argilosos bem estruturados, ou com estruturas estáveis, podem mostrar maiores taxas de infiltração e condutividade hidráulica do que os com estruturas instáveis, que sofrem dispersão quando umedecidos ou submetidos a algum agente desagregador. No caso de águas salinas e salobras, a depender do quantitativo do Na<sup>+</sup>, a desagregação por este elemento químico é tida como certa.

Há tempos atrás, os solos arenosos eram considerados inaptos quando se tratava do uso da irrigação por apresentarem desvantagens intrínsecas quanto a valores reduzidos de fertilidade, retenção de água e de cátions, quando comparados com solos de textura mais pesada. Atualmente, este conceito mudou. A justificativa é que, tanto o manejo de água por sistemas de irrigação localizados quanto à fertirrigação são alternativas eficientes, permitindo assim o uso sustentável deste tipo de solo. Outra

grande vantagem dos solos arenosos é a drenagem natural, o que facilita na resolução de problemas graves de salinização.

Desta forma, em se tratando de seleção de áreas para a implantação de sistema de biodrenagem as recomendações são as mesmas consideradas na escolha de áreas para implantação de sistemas produtivos: solos com textura que apresentem um mínimo de 65% de areia e um perfil com, pelo menos, 1,0 metro de profundidade.

#### 1.9.4 Direcionamentos para a implantação do sistema de biodrenagem no semiárido brasileiro

Conforme mencionado, não existem pesquisas sobre a biodrenagem realizada pelas instituições de pesquisa e desenvolvimento no Brasil. Todos os relatos aqui apresentados foram resultados de experiências desenvolvidas em outros países que apresentam condições ambientais similares ao semiárido brasileiro. Mesmo sem informações científicas geradas nas condições do semiárido brasileiro, os resultados de algumas unidades de observação, implantadas pela Embrapa Semiárido, dão indicações que a biodrenagem pode se tornar uma alternativa viável para um manejo de solo e água sustentável.

No entanto, tomada à decisão de implantar o sistema de biodrenagem, a primeira iniciativa deverá ser a de avaliar o concentrado que está sendo gerado. Esta avaliação deve ser através da quantificação e qualificação dos sais predominantes. Com base no volume gerado diariamente, o próximo passo a ser realizado é o cálculo da área para o plantio. Para isto é necessária à estimativa da evapotranspiração do cultivo a ser implantado. Neste caso a equação 16 deverá ser usada. Caso não exista informação sobre o uso consuntivo, o valor médio de 5,0 mm/dia é uma boa estimativa a ser considerada. No decorrer do ciclo fenológico do cultivo escolhido, este valor pode ser reavaliado.

Convém lembrar que, para a escolha da área, os parâmetros sobre textura e profundidade do perfil de solo deverão ser observados. Por outro lado, considerando o princípio da precaução e que a difusão de sais em meio aquoso não respeita fronteiras, é requisito fundamental que toda a área de plantio seja isolada através da instalação de um septo impermeável, o qual deverá circundar todo o perímetro da área de implantação da biodrenagem.

Para baratear os custos de implantação do sistema, o septo impermeável pode ser constituído através da colocação de uma manta plástica, a qual é vendida em casas de materiais de construção. Ela vem em rolos de 50 metros, com larguras diversas. No caso do semiárido brasileiro, os perfis de solo em geral apresentam uma profundidade em torno de 1,0 metro. Daí, a recomendação é usar o plástico com 2,0 m de largura. Para a sua colocação, uma valeta com 0,50 m de largura deve ser aberta circundando todo o perímetro da área de plantio, indo até a camada impermeável do perfil como mostra a Foto 16.



**Foto 16. Visualização dos detalhes da valeta para a colocação da manta plástica**

Quando da colocação da manta plástica, esta deve ser colocada na vertical, encostada em uma das paredes da valeta. Para fixá-la, inicialmente forra-se o fundo da valeta com a própria manta e em seguida coloca-se uma camada de terra por cima da mesma com o objetivo de mantê-la segura quando do arraste no sentido vertical. Na parte superior, a fixação é feita abrindo-se um pequeno sulco com profundidade de 0,10 m logo em seguida a valeta. Novamente, deita-se a manta no fundo do sulco e colocado terra por cima. Detalhes da colocação da manta são mostrados na Foto 17. Após a colocação da manta, a valeta deverá ser preenchida com o próprio solo da escavação.



**Foto 17. Visualização da valeta após a colocação da manta plástica.**

Para a implantação do sistema, após ter sido feita a avaliação do concentrado, o passo seguinte é a escolha da espécie a ser cultivada. De acordo com a literatura internacional, as espécies mais indicadas para a biodrenagem, por apresentarem altas taxas de evapotranspiração e tolerância a salinidade entre 15 e 25 dS/m são: *Eucalyptus camaldulensis*, *Prosopis juliflora*, *Casuarina glauca* e *Leucaena leucocephala* (Dash et al, 2005). Com exceção da *Casuarina*, as outras espécies já são aclimatadas ao ambiente

semiárido brasileiro. O espaçamento sugerido para as três primeiras espécies é de 3m X 3m. Já para a *Leucaena* a sugestão é 2m entre linhas e 0,50m entre plantas.

Escolhida a espécie a ser cultivada, a próxima etapa é fazer o preparo de solo e o plantio. De início é feita a aração, a gradagem e o sulcamento da área, de acordo com o espaçamento entre linhas estabelecido. Em seguida são abertas as covas, também, de acordo com o espaçamento entre plantas. As covas devem ter as dimensões de 0,30 X 0,30 X 0,30m. Antes do plantio, deve ser feita uma adubação de fundação com 150 gramas de adubo químico, na fórmula 6-24-12. Na mesma cova, também deve ser colocada uma mistura de 5 litros de esterco de caprino, bem curtido, com 250 gramas de gesso agrícola. O plantio deve ser feito através de mudas e não por sementes.

Realizado o plantio, o próximo passo é a montagem do sistema de irrigação que deverá ser do tipo xique-xique, dividido em módulos, de acordo com o tamanho da área de plantio, e com funcionamento para um número específico de laterais. Os controles para a irrigação serão individuais para cada módulo. Toda tubulação da linha principal será enterrada.

Após a instalação do sistema de irrigação, a etapa seguinte a ser trabalhada é a de colocar uma linha de drenagem conectada a um fosso que coletará todo o excesso de fluxo que possa existir. Para a construção do fosso, recomenda-se o uso de duas manilhas de concreto, com diâmetro de 1,5m e 1,0m de altura, que serão colocadas uma em cima da outra. A posição correta para a colocação da linha de drenagem deverá ser a parte mais baixa da área de plantio. O levantamento topográfico da área será de grande auxílio para a colocação desta linha.

Como dreno deve ser usado tubo perfurados de 100 mm, apropriado para drenagem que já vem revestido com “bidim”. A colocação deverá ser feita antes do fechamento da valeta que recebeu a manta plástica. Por cima do tubo deverá ser colocada uma camada de 0,20m de brita fina, o que facilita o deslocamento do fluxo. Após isto, a valeta da parte mais baixa da área de plantio pode ser fechada.

### 1.9.5 Possíveis aplicações

A biodrenagem, como outras formas de drenagem, tem seu potencial e suas limitações. Como se sabe, nem todas as regiões são iguais. Elas diferem em sua fisiografia e em suas condições climáticas. Com este conceito em mente, a biodrenagem pode ser considerada uma proposta mais apropriada, ou menos apropriada. Isto vai depender das condições prevalentes no local da aplicação do processo.

O uso da biodrenagem é recomendado em casos onde existem excessos de água e solos com qualidades marginais. No caso do Programa Água Doce este processo é sugerido como forma de dar uma utilização para o concentrado que é gerado pela osmose inversa, na dessalinização de água salobra ou salina, quando não existir outra aplicação para este produto. Nesta situação, o solo a ser usada deve ser considerado, pelo proprietário, como área improdutivo.

### 1.9.6 Limitações técnicas

No caso do semiárido brasileiro, os produtores enfrentam limitações que podem influenciar na tomada de decisão sobre o uso da biodrenagem. Dentre elas estão: (1) o tamanho do módulo rural. Em geral, as áreas destinadas as atividades agropecuárias são inferiores às suas necessidades para uma convivência harmoniosa com o ambiente semiárido; (2) período longo para a colheita. A exploração de cultivos arbóreos exige períodos mais longos para sua colheita que os cultivos anuais, os quais os produtores já

estão acostumados; e (3) falta de conhecimento sobre a tecnologia. Os produtores apresentam certo grau de resistência quando a proposta tecnológica é novidade.

### 1.9.7 Considerações finais

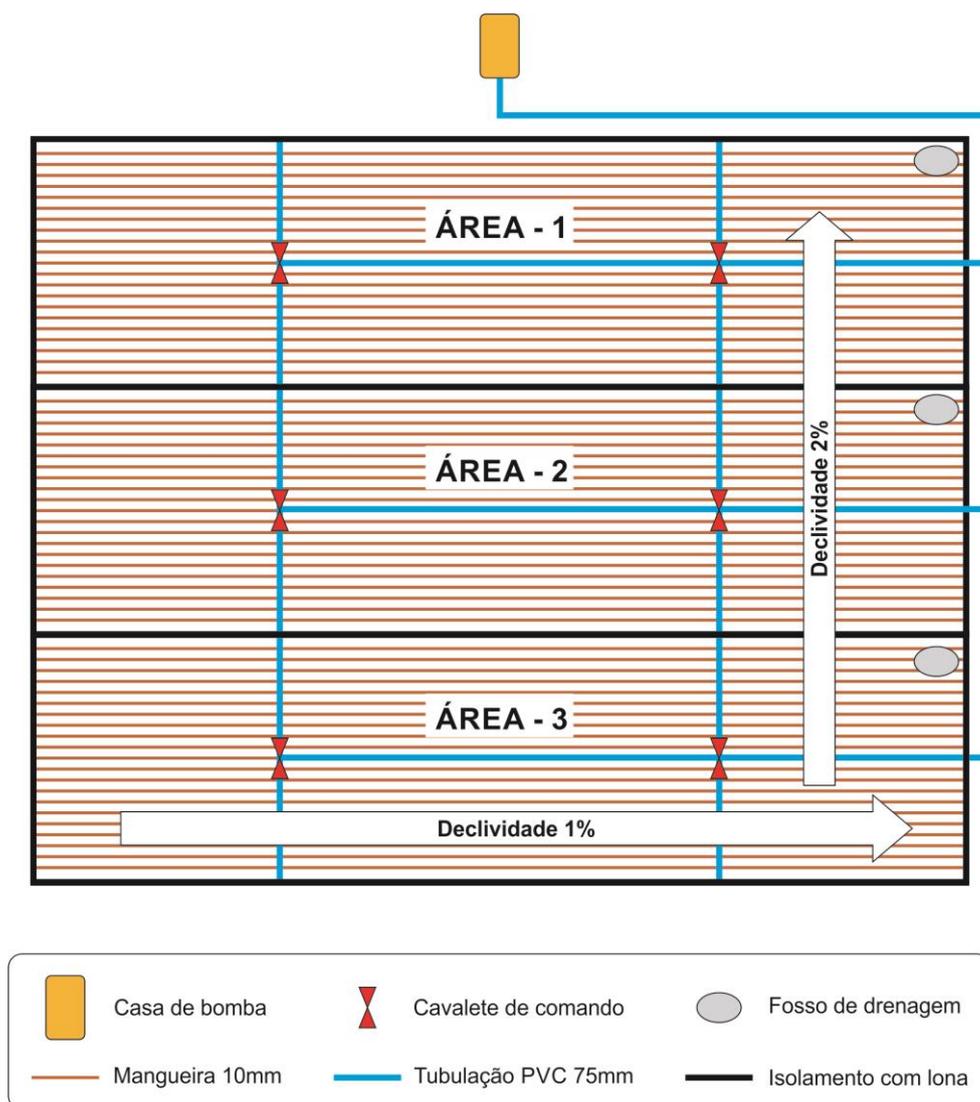
O Principal problema encontrado para o desenvolvimento de um sistema sustentável, envolvendo os recursos naturais solo e água com limitações por apresentarem níveis elevados de salinidade em seus corpos, é a complexidade das interações entre seus diferentes componentes, os quais, em geral, são específicos para cada localidade, dificultando assim a generalização de conclusões ou recomendações com base em estudos isolados.

No entanto, é fundamental entender que, a salinidade em ambientes semiáridos tem como causa principal o desbalanceamento entre a oferta de precipitação pluviométrica e a demanda evaporativa que ocorre nestas regiões. A salinização dessas áreas são processos intrínsecos do ambiente. Com raras exceções, estes sais já se encontram, de alguma forma, no conjunto do ecossistema.

No caso do semiárido brasileiro, o balanço hidrológico, além das condições climáticas severas, sofre também influencia direta do complexo geológico. Formado por rochas ígneas e metamórficas, praticamente impermeáveis, elas são responsáveis pela formação de solos pouco profundos. Por esta razão são raros os lenções expressivos no cristalino. Por outro lado, em virtude de apresentarem volumes escassos, as águas desses bolsões facilmente passam por processos de concentração salina, em função dos sais solúveis liberados pelas rochas.

Dados levantados nos diagnósticos realizados pelo Programa Água Doce demonstram esta questão da salinidade ser um elemento intrínseco do ambiente. Em Serra Branca – PB, manchas de solo virgem têm apresentado níveis de salinidade em seus perfis bem superiores aos do concentrado produzidos pelos dessalinizadores implantados no município (Tabolka, 2016). Portanto, a utilização de concentrados, cuja salinidade é inferior ao encontrado no perfil de solo, apresenta-se como uma alternativa em potencial para a biodrenagem, desde que manejado corretamente.

Levando em conta o princípio da precaução, uma recomendação importante é que a área com biodrenagem seja irrigada com o concentrado por períodos não superior a três anos. Após este período a área deve ser mantida sem o auxílio da irrigação e uma nova área de biodrenagem deve ser criada. Findo os outros três anos, uma terceira área deve ser construída. Após o terceiro ciclo, a primeira área pode voltar a ser irrigada novamente. Dessa forma a primeira área terá tempo suficiente (6 anos) para que as chuvas que aconteçam na região produzam a lixiviação de todo excesso de sais que possa ainda existir na zona radicular do cultivo. A Figura 4 apresenta uma sugestão de como poderá ser a divisão dos campos, incluindo detalhes de sistema de irrigação e da colocação dos fossos de drenagem.



**Figura 4. Detalhamento da área de plantio, do sistema de irrigação e do fosso de drenagem.**

A recomendação acima tem como base os dados coletados em experimentos desenvolvidos na Embrapa Semiárido, em Petrolina – PE. O plantio foi realizado em 1998 e as irrigações eram realizadas uma vez por semana até dezembro de 2001. De acordo com os dados da Tabela 15, após seis anos o solo voltou a sua salinidade original. A água de irrigação era constituída pelo concentrado da dessalinização que apresentava uma salinidade de 11,38 dS/m. A precipitação média do local do experimento foi de 470 mm/ano.

**Tabela 15. Condutividade elétrica do estrato de saturação antes, durante e depois do cultivo da *Atriplex nummularia* irrigado por três anos.**

Prof.Solo (cm)	Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )									
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
0-30	0,42	12,87	14,10	15,03				1,03	1,50	0,32
30-60	0,30	16,27	14,67	12,84				1,54	1,30	0,19
60-90	0,52	18,04	15,12	12,87				1,65	1,56	0,34
Precipitação (mm/ano)	394,9	493,6	642,2	403,4	427,7	393,3	786,5	525,1	367,2	266,6

Em áreas irrigadas, o processo de lixiviação é uma técnica recomendada na lavagem de perfis de solo com altos níveis de salinidade, usando a própria água salina.

Para definir a lâmina d'água a ser aplicada em excesso, são estabelecidas fórmulas que se baseiam nas características física do solo e na salinidade da água de irrigação. Em geral, este excesso de água está entre 30 e 50% do total de requerido pela evapotranspiração do cultivo irrigado.

No exemplo apresentado na tabela acima, as irrigações efetuadas, durante cada ano, corresponderam a uma lâmina total de 1.560,0 mm. Por sua vez, a média anual de ocorrência de chuvas foi de 470,0 mm, o que corresponde a 30% do total aplicado para atender a demanda evapotranspiratória do cultivo estabelecido. Neste caso, ficou evidência do que a lâmina mínima foi suficiente. É importante ressaltar que se tratou de água de chuva, que em geral apresenta um mínimo de salinidade.

Portanto, considerando que não existem estudos científicos desenvolvidos no semiárido brasileiro, a recomendação final é que seja montada uma unidade de observação, com pelo menos três cultivos recomendados, para que se faça uma avaliação do comportamento da biodrenagem, antes de tornar este processo como uma alternativa sustentável para a deposição do concentrado.

## 1.10 Anexos

### 1.10.1 Anexo III - Especificação Técnicas Geomembrana para os Reservatórios

#### Objeto a licitar:

Reservatório confeccionado com Laminado Flexível de PVC de 0,80mm de espessura, nas cores Azul e Preta.

#### Produto:

Reservatório confeccionado com geomembrana fabricada com Laminado Flexível de PVC, obtido por processo de calandragem, de 0,80mm de espessura, nas cores Azul e Preta, com formulação Atóxica e isenta de metais pesados, com aditivação Anti-U.V. e Anti-Oxidante, conforme especificações a seguir:

<b>Características Técnicas - Método de Ensaio</b>		<b>Especificação</b>
• GRAMATURA (g/m <sup>2</sup> )	mínimo 1.030	DIN EN 22.286
• ESPESSURA (mm)	mínimo 0,80	ASTM D-1593
• DENSIDADE (g/cc)	máximo 1,30	ASTM D-792
• RESISTÊNCIA À RUPTURA (Kgf/5cm)		
- Sentido Longitudinal	mínimo 150	ASTM D-882
- Sentido Transversal	mínimo 140	ASTM D-882
• ALONGAMENTO À RUPTURA (%)		
- Sentido Longitudinal	mínimo 300	ASTM D-882
- Sentido Transversal	mínimo 300	ASTM D-882
• RESISTÊNCIA AO RASGAMENTO (Kg)		
- Sentido Longitudinal	mínimo 45	ASTM D-1004
- Sentido Transversal	mínimo 45	ASTM D-1004
• ESTABILIDADE DIMENSIONAL (%) 100°C 15 minutos		
- Sentido Longitudinal	≤ 3,5	ASTM D-1204
- Sentido Transversal	≤ 2,0	ASTM D-1204
• RESISTÊNCIA À RUPTURA NA SOLDA (kgf/5cm)	mínimo 120	ASTM D-3083
• RESISTÊNCIA À PELAGEM NA SOLDA (N/mm)	mínimo 5	ASTM D-413
• RESISTÊNCIA AO U.V.	Conforme Norma Técnica	ASTM G-155

• ATOXICIDADE: Metodologia aplicada de acordo com a Resolução 105 da ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

- Cor **Azul** conforme PANTONE 3015C.
- Cor **Preta** conforme PANTONE Black C.
- O fornecedor ou fabricante deverá apresentar “Termo de Garantia” para um período de 5 (cinco) anos como documento de habilitação para fornecimento do objeto da licitação.
- O fornecedor ou fabricante deverá apresentar Garantia de 12 (doze) meses contra defeitos de fabricação devidamente comprovados.
- Cada reservatório deverá ser moldado formando uma peça única de acordo com as dimensões especificadas, e deverá ser pré-confeccionado em fábrica utilizando-se processo de solda eletrônica de alta frequência. As soldas de alta frequência deverão apresentar perfeita estanqueidade e resistência mínima de 80% da resistência da geomembrana conforme especificado. O fornecedor ou fabricante deverá apresentar relatórios de análise dos ensaios destrutivos da solda eletrônica realizada em fábrica, com frequência de pelo menos 1 (uma) amostra da geomembrana e 1 (uma) das emendas dos painéis e das emendas de fechamento de cada reservatório.
- Cada reservatório deverá ser adequadamente dobrado e embalado de forma a facilitar a abertura no local da instalação, objetivando reduzir custo e tempo de instalação. Cada volume deverá conter marcação com tinta indelével e etiquetas de identificação contendo o tamanho do reservatório, cor, numeração, e indicando o sentido do desdobramento e abertura do mesmo no local da instalação.
- A instalação do(s) reservatório(s) confeccionado(s) com geomembrana flexível de PVC deverá ser devidamente inspecionada utilizando aparelho de “Spark Test” conforme especifica a Recomendações IGSRB IGMT 01-2003 para verificação dos painéis quanto à possibilidade de haver furo oriundo de defeitos de fabricação, durante o transporte ou ocasionado por queda de objetos durante a instalação.
- O fornecedor ou fabricante deverá apresentar “Atestado de Capacidade Técnica” de fornecimentos de Geomembrana Flexível de PVC.
- O fornecedor ou fabricante deverá apresentar certificado informando que a resina de Policloreto de Vinila (PVC) é constituída de ingredientes virgens e não contaminados.
- Como documento de qualificação técnica e habilitação para fornecimento do objeto da licitação, o fornecedor ou fabricante deverá apresentar Certificado ou Relatório de Ensaio de Análise Química pela metodologia aplicada de acordo com a Resolução 105 da ANVISA - Agencia Nacional de Vigilância Sanitária, realizado por laboratório credenciado e independente, comprovando a atoxicidade da geomembrana fabricada com Laminado Flexível de PVC, com data de emissão não superior a 2 (dois) anos.

## 1.10.2 Anexo IV – Especificações Técnicas Piscicultura

### 1.10.2.1 Aeradores

AERADOR 3/4HP TRIFÁSICO 220/380V 60 Hz

Especificações Técnicas:

- Motor  $\frac{3}{4}$  HP Trifásico 220/380V para água doce com eixo de inox (especialmente desenvolvido para laboratórios de camarões).

Taxa de oxigenação: SAE 2,02 kg O<sub>2</sub>/kwh

SORT 1,11 kg O<sub>2</sub>/h

- Ø de lançamento: 3,20 m
- Altura de lançamento: 0,80 m
- Potência de sucção: 1,50 m
- Profundidade mínima da água: 0,80 m
- Área de ação: Ø 25,0m
- Volume: 150 m<sup>3</sup>/h
- Dimensões: 0,80 x 0,80 x 0,80 m
- Peso: 30 kg
- Aplicação: para viveiros de 300 à 1500 m<sup>2</sup> em carcinicultura e efluentes

Especificações Construtivas:

- Flutuador em HDPE (polipropileno de alta densidade)
- Eixo B-403 de Inox
- Tela de proteção em aço inox

A gaseificação e a introdução de oxigênio realizados pelo Aquamix série B-401 têm como consequência um cardume de peixes saudáveis e fortes.

Devido a formação e ondulação na superfície, a formação de algas é praticamente inibida, permanecendo a água saudável.

Sucção de até 3,0 m de profundidade - opcionalmente pode ser fornecido com tubo possibilitando a sucção de água de até 3,0m de profundidade para aeração de reservatório ou açudes profundos.

### 1.10.2.2 Caixa para transporte de peixes

MATERIAL

Fabricado em fibra de vidro, registro, isolamento térmico, com tampa superior – inferior, dispositivo antivazamento, sistema de quebra ondas, ferragem em aço inox, opcional: mangueira micro perfurada a laser, regulador de pressão, fluxímetro, manômetro e calha para descarga.

## ESPECIFICAÇÕES

- 400 litros
- Dimensões: 0,80 x 0,85 x 0,60m
- Peso: 70 Kg

### 1.10.2.3 Medidor de oxigênio

Medidor de Oxigênio Dissolvido Digital Portátil Prova d'água Display duplo de cristal líquido "LCD"

Circuito microprocessador LSI Escala:

Oxigênio dissolvido: 0 a 20,0mg/L

Oxigênio no ar (apenas como referência): 0 a 100,0% Temperatura: 0 a 50°C

Resolução:

Oxigênio dissolvido: 0,1mg/L Oxigênio no ar: 0,1% O<sub>2</sub> Temperatura: 0,1°C

Precisão:

Oxigênio dissolvido: ±0,4mg/L Oxigênio no ar: ±0,8°C/1,5°F

Estrutura do sensor: Sensor de oxigênio tipo polarográfico com sensor de temperatura embutido

Compensação de temperatura: 0 a 50°C (ajuste automático)

### 1.10.2.4 Medidor de pH

Faixa de medição: pH: 0 - 14

Temperatura: 0 – 80°C / 32 – 176°F

Resolução: pH: 0,01

Temperatura: 0,1°C/°F Precisão: +/- 0,02

Calibração digital com botões de comando

### 1.10.2.5 Condutímetro

Faixas de medição: Condutividade: 0 - 9990 µS

Sólidos Totais Dissolvidos (TDS): 0 - 8560 ppm (mg/L) Temperatura: 0 – 80°C / 32 – 176°F

Resolução:

Condutividade: 0 - 99: 0,1µS/ppm; 100 - 999: 1µS/ppm; 1000-9990: 10µS/ppm.

Temperatura: 0,1 °C/°F

Precisão: +/- 2%

Fator de conversão de condutividade para TDS: conversões não-lineares para soluções de KCl, 442TM e NaCl, ajustáveis pelo usuário.

Sensor: eletrodos de platina separáveis. Revestimento à prova d'água.

### 1.10.2.6 Rede de arrasto

15 metros de comprimento, malha 8 mm, fio 210/08, 2,1m de altura armada. As redes são montadas em tralhas (cabos) de polietileno trançado de alta densidade de 8 mm. As bóias são distribuídas a cada 35 ou 40 cm.

### 1.10.2.7 Tarrafas

Tarrafa malha 7mm, fio 0,25 mono, altura 2,4m (1 unidade)

Tarrafa malha 13mm, fio 210/09, altura 3,0m, azul sem nós (2 unidades)

### 1.10.2.8 Puças

Raso

40 x 30 cm

Malha de 5 mm

Fio 210/06, sem nós fundo redondo.

Fundo

40 x 30 cm Malha de 8 mm.

Prof. 60 cm

### 1.10.2.9 Disco de secchi

Especificações:

Fita de fibra - tamanho de 1,5 m com graduação de 1 cm. Diâmetro - 20 cm.

Lastro de chumbo (250g).

### 1.10.2.10 Caixa de isopor

Caixa de Isopor com dreno, com os seguintes volumes:

- 120 litros
- 160 litros

**Tabela 16. Quantificação dos equipamentos e materiais permanentes para uma Unidade Demonstrativa de Produção, utilizando Rejeito da Dessalinização**

DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QTDE./por UD
Aeradores	un	2
Caixa de transporte de Peixes	un	1
Medidor de Oxigênio	un	1
Medidor de pH	un	1
Condutivímetro	un	1
Rede de arrasto	un	2
Tarrafa	un	2
Puçás	un	2
Disco de Secchi	un	1
Geomembrana PVC 30x12x1,3 - azul	un	2
Geomembrana PVC 30x12x2 - preta	un	1
Caixa de isopor	un	6

### 1.10.3 Anexo V

## Manual de Irrigação com Utilização de Água Salobra

### Introdução

O aumento significativo das áreas em franco processo de degradação e desertificação nas regiões áridas e semiáridas do mundo, motivado, principalmente, pela exploração acentuada das fronteiras agropastoris, uso inadequado e intensivo dos recursos naturais dessas regiões, tem concorrido, sobremaneira, para o gradativo colapso dos sistemas produtivos em uso, com conseqüente agravamento das condições socioeconômicas de suas populações.

Como cerca de 43 % das áreas da superfície terrestre são áridas e semiáridas e, 97% de toda água do planeta encontra-se nos oceanos, o ser humano defronta-se com um grande e difícil problema, já que terá de encontrar e disponibilizar, de forma relativamente urgente, terra e água suficientes para suprir a crescente demanda de alimentos pela população global. Estima-se, já para os próximos 30 anos, que teremos de agregar mais de 200 milhões de hectares ao processo de produção agrícola das regiões tropicais e subtropicais. Como nestas regiões existe apenas algo em torno de 93 milhões de hectares disponíveis à expansão agropecuária e, muito destas áreas são de preservação ambiental, teremos, portanto, que encontrar alternativas de recursos de água e solo que possam ser utilizados na produção de alimento, e que se constituam de fato, como parte da solução para os problemas que já se fazem presentes.

No Nordeste Semiárido brasileiro, muitas áreas subaproveitadas ou consideradas não muito adequadas às atividades concernentes ao meio rural, poderiam ser efetivamente utilizadas, desde que submetidas a um manejo racional e correto de solo e água. Como existe hoje, tecnologias de comprovada eficácia na recuperação e aproveitamento de solos e águas salinas, tem-se, pois, como adicionar uma área considerável ao nosso processo de produção.

A utilização de água com elevada concentração de sais é uma prática relativamente antiga que remonta aos idos dos anos 50, quando então, alguns

pesquisadores idealizaram o aproveitamento das águas do Mar Vermelho para irrigação de áreas secas do recém-criado Estado de Israel. Hoje, dada à necessidade premente de abertura de novas áreas, esta prática vem se difundindo muito, notadamente naqueles países de clima árido, em que alguns utilizam as águas dos oceanos e mares, aplicando-as na irrigação de áreas costeiras.

No Semiárido brasileiro, existe uma quantidade expressiva de poços tubulares, que embora apresente alguma restrição qualitativa (água salobra) de aproveitamento, foram perfurados para atender a demanda de água pela população rural e de seus rebanhos, principalmente, durante os períodos mais secos do ano. Estes poços poderiam dar uma maior contribuição, desde que explorados dentro de um conceito técnico inovador de aproveitamento dos recursos hídricos e edáficos, tendo por meta, além do fornecimento de água potável, a produção de forragem e proteínas, destinadas à alimentação animal e humano.

O emprego crescente de dessalinizadores de água pelo processo de osmose inversa para fornecimento de água potável às populações, embora eficientes para tal fim, podem, contudo, acarretar ao longo do tempo, danos ambientais pela deposição no solo dos efluentes compostos de águas com altos teores de sais resultantes da utilização destes equipamentos. Dependendo da qualidade da água do poço e da eficiência destes equipamentos, estes poderão gerar de 40 a 70% de efluentes do total da água a ser dessalinizada. Como estes efluentes gerados geralmente não passam por qualquer tratamento antes de serem lançados ao solo, contribuirão para a gradativa salinização destas áreas, com consequentes implicações negativas para manutenção do equilíbrio ambiental.

Face à magnitude dos problemas acima referidos, a pesquisa vem já há algum tempo procurando meios de minimizar os danos provocados pelo uso de água salina, podendo-se destacar entre seus estudos a utilização do sistema de bacias de evaporação, uso de plantas aquáticas para redução do volume de efluentes gerado, bacias de percolação e irrigação de halófitas. No CPATSA, em particular, existe adiantado trabalho de pesquisa sobre a possibilidade de aproveitamento do efluente gerado pela dessalinização para produção aquícola e irrigação de plantas halófitas (*Atriplex nummularia*), capazes de reduzir os níveis de sais no solo e fornecer forragem para alimentação complementar dos animais (caprino-ovinos), durante o período mais crítico do ano, provocando menos impacto ao meio ambiente e gerando produção para consumo próprio familiar e comercialização do excedente produzido.

### **Relação solo/planta**

A *Atriplex nummularia*, dada suas características especiais, pode ser cultivada nos mais diversos tipos de solos, podendo apresentar rendimentos satisfatórios até mesmo para aquelas condições edáficas não tão favoráveis, como solos de baixa fertilidade, rasos e níveis de salinidade alta (entre 20 e 57 dS/m). Os melhores níveis de desenvolvimento e rendimento das espécies do referido gênero, foram observados, em plantas cultivadas em ambientes com elevadas concentrações de cloreto de sódio (NaCl).

Pesquisas comprovam essas observações, estabelecendo que o sódio (Na<sup>+</sup>) e o potássio (K) trocáveis influem positivamente sobre os rendimentos da espécie e, que o cloro solúvel (Cl<sup>-</sup>) apresentaria efeito contrário. Outro fator a ser levado em consideração, é que para as condições de solos de textura leve, essa espécie responde satisfatoriamente à aplicação de nitrogênio, principalmente, quando esses solos mostram baixos níveis desse elemento. Em resumo, levando-se em consideração apenas o aspecto solo, verifica-se que os menores rendimentos de forragem apresentados pela *Atriplex*, registraram-se nos cultivos explorados em solos compactos de textura argilosa e

arenosa de baixa fertilidade. Portanto, nas condições do Semiárido brasileiro, o seu cultivo é aconselhável fazer-se, apenas em solos que apresentem profundidade nunca inferior a 1,0 m, de textura leve a mediana, boa drenagem interna e fertilidade natural razoável. A Tabela 17 apresenta a caracterização física de um solo apropriado ao cultivo de Erva-Sal.

**Tabela 17. Principais características físico-químicas de um perfil de solo apropriado ao cultivo de Erva-Sal**

Propriedades	Profundidade (cm)		
	0 - 30	30 - 60	60 - 90
C.E. (ds/m)	0.33	0.15	0.26
pH	7.2	7.1	7.5
Areia (%)	78	77	75
Argila (%)	8	8	8
Silte (%)	14	15	17

### Requerimento hídrico, sistema e manejo de irrigação da Erva-Sal

Como em qualquer outro cultivo, o consumo de água da Erva-Sal é controlado principalmente pela demanda evaporativa da atmosfera, área foliar e disponibilidade de água no solo.

O método mais fácil e simples para medir a demanda evaporativa da atmosfera é o tanque de evaporação conhecido como tanque classe "A", encontrado nas estações meteorológicas de medição dos elementos do clima. Para a maioria dos municípios da região semiárida brasileira, estes valores variam de 4,0 a 6,0 mm/dia, nos meses mais frios (junho/julho) e entre 10,0 e 11,0 mm/dia, no período mais quente (dezembro/janeiro). A Tabela 18 apresenta as médias diárias da evaporação potencial para os diferentes meses do ano da série histórica de 1976 a 2004, em Petrolina-PE.

**Tabela 18. Média diária mensal da taxa de evaporação do tanque classe "A" e da série histórica de 1976 a 2004 para Petrolina-PE (mm/dia)**

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
7,2	7,1	6,4	6,3	6,0	6,0	6,5	7,9	9,0	9,6	9,0	7,9	7,4

$$\frac{T}{T_{\max}} = 0,7(IAF)^{1/2} - 0,21$$

O índice de área foliar é um indicador da superfície de folhas da planta em relação à área do solo ocupada pela planta. É através da folha que ocorrerá toda a evaporação produtiva ou transpiração. Portanto, o IAF pode servir para a estimativa da transpiração. Ritchie and Burmett, (1971) encontraram que a transpiração de uma área em crescimento se aproxima do seu potencial máximo quando o IAF excede 2,7. A transpiração relaciona-se com IAF através da seguinte expressão:

Onde:

$T = \text{Taxa de transpiração para } IAF < 2,7 T_{\text{max}} = \text{Taxa máxima de transpiração IAF}$   
= Índice de área foliar

Por outro lado, a taxa de transpiração diminui com a redução da umidade disponível no solo. No caso da Erva-Sal, a taxa de transpiração decresce linearmente com a redução da umidade do solo quando o potencial de água no solo excede a 10 bars (SHARMA, 1977). Halófitas como a Erva-Sal consegue extrair água em solos com potencial matricial abaixo de -15 atmosferas, considerado como ponto de murcha permanente para a maioria das culturas convencionais. Esta habilidade da Erva-Sal deve-se ao estabelecimento de um alto gradiente osmótico, entre a solução do solo e a acumulação de sais nos tecidos da planta. Além disso, a Erva-Sal, por acumular sal em seus tecidos, apresenta mecanismo para ajustes osmóticos, o que permite manter o gradiente osmótico em toda extensão da raiz e, conseqüentemente, a taxa de transpiração por umidade da área foliar. Quando a salinidade da solução do solo é baixa, a taxa de absorção de sais é diminuída, acarretando conseqüente redução na taxa de acumulação de sais pela planta.

Quanto ao uso de água pela Erva-Sal, embora já exista pesquisa em andamento, ainda não se tem informação conclusiva para o Semiárido brasileiro. Sabe-se, todavia, que a Erva-Sal por ser uma planta  $C_4$ , halófito e, portanto, muito eficiente no uso de água, tem por característica própria, quando pelo aumento da salinidade, a capacidade de apresentar redução nas taxas de transpiração e fotossíntese. Ou seja, na Erva-Sal o turgor e a percentagem de saturação das folhas crescem com o aumento da salinidade, enquanto as taxas de transpiração e fotossíntese decrescem, sendo a redução da taxa de transpiração, proporcionalmente maior que a fotossíntese.

Trabalho conduzido por MIYAMOTO et al (1996) em Puerto Peñasco/ México, sobre o uso consuntivo da Erva-Sal irrigada com água salina, durante um período de 14 semanas de verão, mostra que, para uma ETP (Evapotranspiração potencial) de 705,6 mm no período, definido pelo método do tanque classe "A" e, aplicações de água com níveis de salinidade de 1; 10; 20 e 40g de sais/litro, os totais evapotranspirados pelo cultivo foram respectivamente, 480; 440; 271 e 140 mm, demonstrando que enquanto a salinidade da água aumenta, a evapotranspiração é reduzida. Do trabalho também se deduz que para níveis de salinidade da água em gramas por litro de 1 a 10 e, de 10 a 20, o uso consuntivo diário foi 4,9 e 2,1mm para o período estudado.

### **Quantidade de água a ser aplicada**

Na elaboração de um projeto de irrigação qualquer, é de primordial importância o conhecimento prévio da quantidade de água a se fornecer ao conjunto solo-planta, de forma a satisfazer plenamente as necessidades hídricas do cultivo a ser explorado. Para se chegar a tal conteúdo, é preciso tomar conhecimento sobre certos aspectos agrônômicos relativos ao projeto, tais como o grau de disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos, características físico-hídricas do solo, tipo de cultura a ser explorada e as condições climáticas prevalentes da região.

As estratégias operacionais e o manejo da água devem seguir critérios e princípios hidráulicos peculiares a cada concepção de projeto e a cada sistema de irrigação, de modo a fornecer em tempo oportuno, em quantidade adequada, toda a água necessária ao completo desenvolvimento das plantas, sem, no entanto, incorrer em situações de desperdício ou de déficit hídrico.

Em ambientes áridos, dadas as limitações impostas pelo fator hídrico, principalmente no que se refere ao uso das reservas de águas subterrâneas, devemos, pois, ter especial atenção com o planejamento e implantação de sistemas de exploração

dessas reservas, notadamente no que diz respeito ao uso racional da água de irrigação.

Considerando-se a baixa vazão apresentada pela maioria dos poços perfurados no cristalino, em média de no máximo 3.0 m<sup>3</sup>/h, as irrigações para o sistema que se pretende implantar (Fig. 41), serão realizadas em caráter meramente complementar. Para esse nível de vazão, teríamos, portanto, para um período de 08 horas de funcionamento diário, durante 7 dias, um volume total de apenas 168 m<sup>3</sup>/semana (3,0 x 8,0 x 7,0 = 168 m<sup>3</sup>), disponibilizados para atender às necessidades de consumo geral da comunidade e do sistema de produção, sobretudo, àquelas concernentes a criação de peixes e de irrigação da área de cultivo da Erva-Sal. Para uma comunidade com uma média de 50 famílias (± 250 pessoas) e um rebanho em torno de 1.200 animais (15% de bovinos e 85% de caprinos e/ou ovinos), que se abastecem exclusivamente do poço subterrâneo, teríamos que reservar do total possível de aproveitamento (168 m<sup>3</sup>), para o gasto semanal, algo em torno de 10,5% para o consumo humano (água dessalinizada) e 37,5% de água bruta para a dessedentação dos animais, sendo consumidos nessas atividades, cerca de 80,5 m<sup>3</sup>. Todavia, ocorrendo à existência de outras fontes hídricas de abastecimento na propriedade (pequenos açudes e barreiros) que possam suprir a demanda de água do rebanho, poderíamos dispor uma vez descontado esse consumo, de um volume aproximado de ± 105,0 m<sup>3</sup>/semana, para fazer frente às necessidades do sistema. Vemos, pois, dependendo do tamanho da comunidade e de seu nível de consumo, da vazão do poço e da existência de outras fontes alternativas de abastecimento, que a capacidade de armazenamento de água pode ser incrementada, proporcionando aumento substancial na reservação dos recursos hídricos destinados ao atendimento das necessidades do sistema de produção pretendido (UD).

Quanto à demanda hídrica do cultivo (*Atriplex nummularia*), tratando-se de uma cultura reconhecidamente resistente ao déficit de água no solo, o volume total disponível (± 105 m<sup>3</sup>) apesar de relativamente baixo, é suficiente para a irrigação da área (5.182 m<sup>2</sup>) e para promover o satisfatório desenvolvimento vegetativo da Erva-Sal, principalmente, se considerarmos que esta cultura tem por característica própria a capacidade de reduzir sua demanda evapotranspiratória à medida que se eleva o nível de salinidade da solução do solo.

Por fim, não entrando em mais detalhes e de forma simplificada, podemos definir a necessidade de irrigação bruta (NIB) tomando por base a evapotranspiração potencial local, determinada através do tanque “Classe A” e associada a coeficientes específicos, tal como se segue:

$$NIB = \frac{E_v \cdot K_p \cdot K_c \cdot Fr}{E_i}$$

E<sub>i</sub>

Onde,

E<sub>v</sub> = evaporação do tanque “Classe A” (mm) K<sub>p</sub> = coeficiente de conversão do tanque K<sub>c</sub> = coeficiente de cultivo

Fr = fator de redução (Fr = 0,1 + IC - fórmula de Decroix) IC = índice de cobertura do solo (%).

E<sub>i</sub> = eficiência do sistema de irrigação

Exemplo:

No caso específico da irrigação da Erva-Sal (*Atriplex nummularia*) no projeto recomendado (Fig. 02), para uma taxa evaporativa média mensal de 7,40 mm/dia e, considerando-se K<sub>p</sub> = 0,70 e o K<sub>c</sub> = 0,8, calcular o volume semanal de água a ser

aplicada por planta e o tempo de aplicação.

Solução (adotar):

Espaçamento entre plantas (EP) – 1,50m x 1,50m IC = AS/ARE

AS = área de projeção da copa (sombreada - m<sup>2</sup>). AS = ( $\pi \cdot D^2/4$ ) ARE = área de referência do espaçamento adotado (m<sup>2</sup>).

Para um diâmetro de copa de 1,4 m, temos:

$$IC = \left| (3,14 \times 1,40^2) \div 4 \right| \div (1,5 \times 1,5) = 0,68$$

$$fr = 0,10 + IC = 0,10 + 0,68 = 0,78$$

$$NIB = \underline{E_v \times K_p \times K_c \times fr}$$

E<sub>i</sub>

$$NIB = \underline{7,40 \times 0,70 \times 0,80 \times 0,78} = 3,13 \text{ mm/dia}$$

0,90

$$NIB = 3,13 \times 7 = 21,91 \text{ mm/semana.}$$

VAP (volume de água aplicado por planta) = NIB x ARE (área de referência do espaçamento adotado entre plantas)

$$VAP = 21,91 \times (1,50 \times 1,50) = 49,30 \text{ litros por planta (L/pl)}$$

TAP (tempo de aplicação) = (VAP ÷ Q<sub>em</sub>) x 60, onde Q<sub>em</sub> – corresponde a vazão do emissor em L/h. Logo: TAP = (49,30/68,33) x 60 = 43,29 minutos.

### **Sistema de irrigação**

A água de irrigação pode ser aplicada por diferentes métodos. Cada método apresenta vantagens e desvantagens, que devem ser analisadas quando da definição do projeto, e depende do tipo de solo, topografia, fonte de água, tipo de cultivo, custos etc.

No caso presente, como as irrigações serão feitas como efluente resultante da dessalinização destinado a criação de tilápia e, no caso específico da Erva-Sal, em que a planta cristaliza o excedente de sais absorvidos, na superfície da folha, sendo por essa razão desaconselhável o seu umedecimento sob pena dos sais cristalizados serem dissolvidos e retornarem ao solo, a escolha mais apropriada para a irrigação da Erva-Sal, seria, evidentemente, através dos sistemas superficiais de irrigação (sulcos ou sistemas de irrigação localizada) em que a água aplicada não entra em contato direto com a folhagem da planta. Em face de tal pressuposto, optou-se, portanto, por se fazer as irrigações das áreas de cultivo das unidades demonstrativas (UDs) através de um sistema de irrigação localizada (xique-xique) de baixo custo, com boa eficiência e de fácil manejo operacional.

A metodologia de dimensionamento das instalações hidráulicas de um sistema localizado de irrigação, a semelhança do que ocorre com um sistema convencional de irrigação por aspersão, é realizado seguindo o sentido inverso do fluxo de água na instalação. Ou seja, após definição do traçado das redes de tubulações, dos espaçamentos, da vazão e pressão de serviço (PS) dos aspersores ou emissores, dimensionam-se as linhas laterais. Em seguida calculam-se as tubulações da rede de distribuição e, por último, dimensiona-se a estação de bombeamento.

O dimensionamento das linhas laterais consiste em se estabelecer um

determinado diâmetro, que se enquadre dentro dos critérios estabelecidos para cálculo de condutos forçados. Admite-se que se pode garantir uma boa uniformidade de irrigação ao longo de cada lateral, desde que a variação máxima de vazão ou pressão entre emissores ao longo do conduto, não ultrapasse 10% da vazão nominal ou 20% da pressão de serviço (funcionamento). Após definição do diâmetro, calcula-se a perda de carga e a pressão requerida na entrada da lateral, pelas fórmulas seguintes:

$$J = 7,89 \times 10^5 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75} \times 1,08$$

$$hfL = J \times F \times L$$

$$F = (2 \times NmL) \div (2 \times NmL - 1) \times \left| 1 \div (1,75 + 1) \right| + \left| (1,75 - 1)^{1/2} \div (6 \times NmL^2) \right|$$

$$HL = h + 0,75 hfL \pm \Delta Z/2, \text{ onde:}$$

J = perda de carga unitária (m/m). Q = vazão por lateral (L/s).

D = diâmetro da lateral (mm).

(1,08) = fator referente as perdas localizadas pela inserção dos emissores na lateral. hfL = perda de carga total na lateral (m.c.a.).

F = fator de correção para múltiplas saídas (adimensional). L = comprimento da lateral (m).

HL = pressão requerida na entrada da lateral (m.c.a.) h = pressão de serviço (PS) dos emissores (m.c.a.)

$\pm \Delta Z/2$  = desnível geométrico médio da linha lateral, (m). Pode ser ascendente (+) ou descendente (-).

Todos os procedimentos adotados para dimensionamento das laterais, são válidos e aplicáveis para definição das linhas de derivação, devendo-se realizar a determinação do seu diâmetro, obedecendo o valor máximo permitido para perda de carga nessas linhas, correspondente a 30% da pressão de serviço, menos a perda de carga na lateral ( $DHd = 0,30 h - hfL$ ). Uma vez definido o diâmetro a ser usado e respectiva perda de carga, calcula-se, também, a pressão requerida na entrada da linha ( $Hd = HL + hfd \pm \Delta Z/2$ ). Hd – corresponde a pressão requerida no início da linha de derivação; HL – pressão no início da lateral; hfd – perda de carga total na linha de derivação e  $\Delta Z$  – desnível geométrico (m).

Passo seguinte, determina-se o diâmetro da linha principal em função da vazão total do sistema e da velocidade de fluxo no conduto e, em sequência, calcula-se a perda de carga ao longo da principal, para o diâmetro respectivo encontrado. Finalmente, define-se a altura manométrica total (Hm) e dimensiona-se o conjunto eletrobomba, podendo-se, entre outras, utilizar as fórmulas seguintes:

$$DP = \left| (4,0 \times Qt) \div (\pi \times V) \right|^{1/2} Pa = (Qt \times Hm) \div (Eb \times 75)$$

Pm = PaDP = diâmetro da linha principal (m). Qt = vazão total do sistema (m<sup>3</sup>/s).

V = velocidade média de fluxo (m/s). Hm = altura manométrica (m.c.a.).

Pa = potência no eixo da bomba (cv). Eb = eficiência da bomba (usar – 0,65) Pm = potência do motor (cv).

Em = eficiência do motor (usar 0,80).

O sistema será então dimensionado e implantado conforme sugestões apresentadas na Figura 5, em área de relevo uniforme e declividade suave (0,5 a 1,5%),

próximo ao poço e tanques de criação, sendo composto por 08 módulos com funcionamento simultâneo de 24 laterais por vez. A água será aplicada ao pé de cada planta, em pequenas bacias ou seção curta de sulco, através de pequenos emissores ( $\emptyset$  de 2,0 mm) instalados ao longo de cada linha lateral, conforme espaçamento especificado. A vazão aplicada por emissor será da ordem de 68,33 L/h (PS = 5,0 m.c.a.), requerendo para as 24 laterais (com 12 emissores, cada) em irrigação simultânea, uma vazão total de 19,68 m<sup>3</sup>/h. Cada módulo (24 laterais), dependendo das necessidades hídricas da cultura, será irrigado em um tempo de no máximo 45 minutos, levando-se para cobrir toda a área (08 módulos), pouco menos de 6,0 h com o trabalho de operacionalização e irrigação do sistema, propriamente dito.

### **Composição da “UD” e sistema de irrigação**

Conforme esquematização apresentada na Figura 31, o sistema a ser montado será composto basicamente de:

- Fonte e área de acumulação hídrica ( $\pm$  0,4 ha).
  - Poço com vazão igual ou superior a 3,0 m<sup>3</sup>/h.
  - Dessalinizador.
  - Reservatórios (03) para armazenamento de água com capacidade média de 330 m<sup>3</sup>, sendo 02 viveiros para criação de tilápia e 01 reservatório para acumulação do efluente a ser empregado na irrigação da Erva-As.
- Área de cultivo com cerca de 0,6 ha, que dependendo da vazão do poço e área total disponível, poderá ser aumentada.
  - Área agricultável com declividade suave (0,5 a 1,5%) e uniforme, profundidade mínima de 1,0m, textura mediana e drenagem natural satisfatória. Seu preparo para implantação do sistema deverá constar de roço, limpeza, aração profunda, gradagem cruzada da área e sulcamento do terreno no espaçamento de 1,50 m entre sulcos. Para colocação da rede de condução e distribuição de água, fazer a abertura de valas com 0,50m de largura e 0,40m de profundidade, nos pontos especificados na Figura 32 (local onde serão estendidas as respectivas linhas).
- Cultura e plantio.
  - No plantio serão utilizadas mudas de *Atriplex nummularia* produzidas por multiplicação vegetativa (estaquia), que serão transplantadas no espaçamento de 1,50 x 1,50m, no sistema de covas simples com dimensões de 30 x 30 x 30 cm. No interior dessas covas, serão colocados como adubação de fundação, 05 litros de esterco curtido de caprino e 150 gramas de superfosfato simples.
- Sistema de irrigação.
  - Unidade de bombeamento (eletrobomba) com potência de 3,0 cv e vazão acima de 20 m<sup>3</sup>/h para uma altura manométrica de 14,0 m.c.a.
  - Rede de condução e distribuição (linha principal e de derivação), enterrada, composta de tubos de PVC azul PN-40 com diâmetro de 75 mm, ligada por meio de registros de esfera montados em sistema de cavalete, as linhas laterais correspondentes a cada módulo de irrigação.

- Linhas laterais compostas de tubulação de polietileno de 16 mm de diâmetro com 12 emissores (dispositivo conector de aplicação de água) com diâmetro de 2,0 mm, instalados a cada 1,5 m ao longo da lateral. As laterais serão ligadas à linha de derivação, obedecendo ao espaçamento de 1,5m entre elas. Maiores detalhes da composição e montagem do sistema, são mostrados nas Figura 5 e Tabelas 19 e 20.

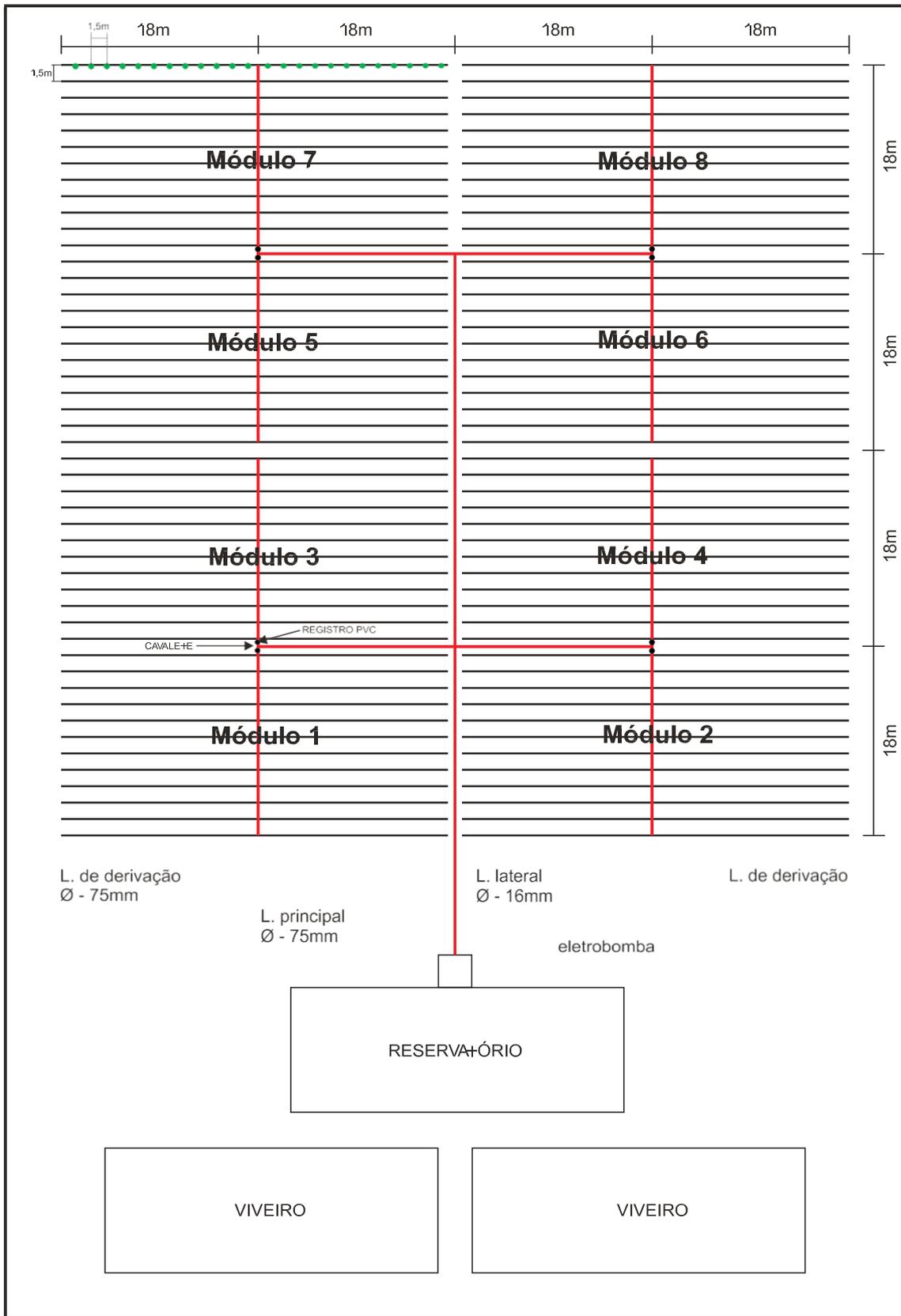


Figura 5. Representação esquemática da área de cultivo da *Atriplex*

**Tabela 19. Coeficientes técnicos de implantação**

<b>Especificação</b>	<b>Unid.</b>	<b>Quant.</b>
<b>1.0 Operações mecanizadas</b> – aração, gradagem cruzada e sulcamento do terreno.	h/m	6
<b>2.0 Mão-de-obra</b> – abertura de +/- 300 m de valetas c/50 cm de largura por 40 cm de profundidade; coveamento do terreno e transplântio de mudas (2.304 plantas)	D/H	40-50
<b>3.0 Insumos</b>		
- Mudanças de Atriplex	Und	2.400
- Esterco de caprino	m <sup>3</sup>	11
- Superfosfato simples	kg	350
<b>4.0 Equipamentos de irrigação</b>		
<b>4.1 Sucção Completa</b>		
- Redução Ex RE 1 1/2" x ranhura de 3"	pç	1
- Nipel FG de 1 1/2"	pç	1
- União assento plano de 1 1/2"	pç	1
- Mangote Kanaflex	m	5
- Abraçadeira reforçada 3"	pç	2
- Adaptador fofa rosca x ranhura de 3"	pç	1
- Válvula de pé p/poço tipo cebola 3"	pç	1
- Conjunto eletrobomba, motor trifásico, 3 cv, II P, 380 V, 60 Hz, 3450 rpm, rotor semiaberto de 120 mm, sucção de 1 1/2 e recalque de 1 1/4, Q=25 m <sup>3</sup> /h, para Hm de 14 m.c.a.		
- Chave de ligação partida direta de 4 cv, 380 v, 60 hz, trifásica	cj	1
<b>4.2 Ligação de pressão</b>		
- Niple duplo FG 3 x 1 1/4"	pç	2
- Luva de redução FG 3 x 1 1/4"	pç	1
- Curva de 90° RL macho de 3"	pç	1
- Registro de gaveta BZ 3"	pç	1
- União assento plano BR 3"	pç	1
- Registro de gaveta BZ 1 1/4"	pç	1

**Tabela 20. Coeficientes técnicos de implantação (continuação)**

<b>4.3 Sistema</b>		
- Válvula ventosa de 1"	pç	1
- Cola de tomada 75 x 1"	pç	1
- Registro de esfera PVC SD 2" (50 mm)	pç	9
- Registro de esfera PVC SD 3" (75 mm)	pç	1
- Tubo PVC SD DN 75 mm x 6,0 m PN 40	pç	50
- Tubo PVC SD DN 50 mm x 6,0 m PN 40	pç	8
- Adaptador inicial de 16 mm	pç	195
- Interceptor de fluxo de 16 mm	pç	195
- União interna de 16 mm	pç	25
- Tubo PEBD 16 mm, c/ agregante contra migração do plastificante quando da incidência de raios UV e Thermal Stress Kreaking	m	3.600
- Tubo PEBD de 25 mm	m	250
- Conector para micro 2 mm (4/7)	pç	2.350
- Adaptador PVC BS x RM 75 x 3"	pç	2
- Curva 45° ponta bolsa SD 75 mm	pç	2
- Curva 45° ponta bolsa SD 50 mm	pç	2
- Curva 90° ponta bolsa SD 50 mm	pç	28
- Te bolsa SD 75 x 50 mm	pç	1
- Te bolsa SD 75 mm	pç	3
- Te bolsa SD 50 mm	pç	5
- Redução bolsa SD 75 x 50 mm	pç	20
- Luva SD 50 mm	pç	8
- Colar de tomada 50 x 1/2"	pç	8
- Ponta macho EP 2"	pç	8
- Cap. Fêmea EP 2"	pç	8
- Válvula antivácuo 1/2"	pç	8
- Solução limpadora	l	2
- Adesivo plástico (850 g)	und	2
- Adesivo plástico com pincel (175 g)	und	1
- Fita veda rosca 0,06 x 12,00 m	pç	20
<b>4.4 Frete e montagem do sistema</b>	-	-

#### 1.10.4 Anexo VI – Acumulação de Sal na Planta

Em geral, as plantas da família *Chenopodiaceae* são consideradas como tolerantes a ambientes de alta salinidade. Dentre estas, a *Atriplex nummularia* – Erva-Sal – é uma das que apresentam maior tolerância. Experimentos têm sido conduzidos com essa planta, irrigada com água do mar vermelho e do mar do Golfo Pérsico, que apresentam teores de sais da ordem de 40 gramas de sal por litro, superiores aos teores de sais encontrados na maioria dos oceanos, que é de 35 a 36 gramas por litro (GLENN et al. 1998).

A tolerância desta planta à salinidade é devida ao desenvolvimento de mecanismos especializados de acumulação de sais no interior da planta, ou de eliminação por meio de vesículas especiais existentes na superfície das folhas. Quando cheias essas vesículas ou pústulas se rompem liberando o sal, através de finas camadas de cristais, que se aderem à superfície da folha. De acordo com GLENN et al. (1998), esses cristais de sal ajudam na economia de água pela planta, por meio da reflexão da radiação solar, reduzindo, conseqüentemente, a temperatura da folha e mantendo a turgidez das células. Na realidade, a planta age desta maneira, não com o objetivo de se tornar especialista em absorção de sais, mas, sim, como forma de ajustar-se ao ambiente adverso (SHARMA, 1982).

No caso da Erva-Sal, os dois mecanismos acontecem, mais o de acumulação no interior dos tecidos da planta é o de maior importância. A maior acumulação de sais ocorre nas folhas. A Tabela 21 apresenta o total de cinzas encontrado nos tecidos do caule e da folha da Erva-Sal, em experimentos conduzidos nos campos da Embrapa Semiárido, em plantação irrigada com o rejeito da dessalinização.

**Tabela 21. Teor de cinzas em diferentes partes da planta Erva-Sal, irrigada com água salobra**

Parte da Planta	Teor de cinza (%) em relação à matéria
Folha	25,23
Caule Fino	8,62
Caule Grosso	4,04
Lenha	3,18

Todavia, há necessidade de se gerar mais conhecimento sobre a capacidade de retirada de sais do solo pela Erva-Sal nas condições ambientais do Semiárido brasileiro. Em condições de clima temperado, MIYAMOTO et al. (1994), conseguiram retiradas de até 10 toneladas por ha.

Considerando que a retirada de sais do solo pela Erva-Sal não é total, recomenda-se a colocação de um septo impermeável contornando todo o perímetro da área a ser cultivada conforme demonstra a Foto 18. Para a colocação desse septo, abre-se uma valeta, até a camada impermeável com largura de 0,8m a 1,0m de largura, contornando toda a área de plantio.



**Foto 18. Septo impermeável colocado ao redor da área a ser cultivada**

Após a abertura da trincheira ou valeta, coloca-se uma lâmina de plástico na posição vertical. Faz-se a amarração de uma das extremidades laterais do plástico na camada impermeável, depois se devolve todo o material escavado para dentro da valeta, tendo o cuidado de deixar a lâmina de plástico na vertical em toda extensão do contorno.

### **Importância do Efluente da Piscicultura na Biologia do Solo**

De acordo com BATRA E MANNA, (1997), não só as propriedades físicas e químicas, mas também, as variáveis biológicas e bioquímicas, são importantes para a qualidade do solo. Nesse contexto, a atividade enzimática tem papel importante, por participar da catálise de inúmeras reações necessárias para o ciclo de vida de microorganismos e na formação da matéria orgânica e na estrutura do solo.

O papel da comunidade microbiana no solo é extremamente diverso. As funções benéficas como: transformação do nitrogênio, decomposição da matéria orgânica, reação micorrizica, e principalmente, os efeitos sobre a estabilização dos agregados e do ciclo de nutrientes no solo, são funções que possibilitam uma melhor qualidade dos solos, em especial quando se irriga com água salina.

Estudos desenvolvidos em Petrolina, com água do rejeito da dessalinização usada na irrigação da Erva-Sal, (PEREIRA, 2003) encontraram um aumento significativo na atividade microbiana quando o rejeito foi usado como meio de cultivo da tilápia, antes de ser usado como água de irrigação.

## 1.11 Referências Bibliográficas

- ALVES, J.N.; ARAUJO, G.G.L. de; PORTO, E.R.; CUNHA, A.P.; LIMA, V.S.; SOUZA, C.M.S. de; DANTAS, F.R.; ASSIZ, C.M. (2004). *Palma Forrageira (Opuntia Ficus) e Feno da Erva-Sal (Atriplex Nummularia Lindl), em Dieta para Caprinos e Ovinos: Composição e Consumo Voluntário dos Nutrientes*. In: III Congresso Nordestino de Produção Animal, Campina Grande. ANAIS do III Congresso Nordestino de Produção Animal. Campina Grande: SNPA, 2004. CD-ROM.
- Aguierre-Rivera, J. R. & Reyes, A. J. A. (1999). Conocimiento y aprovechamiento del nopal. VIII Congresso International. Universidad Autonoma de San Luis Potosi, San Luis Potosi, Mexico, p. 11-13.
- ARAÚJO, G.G.L. de, PORTO, E.R. (2000). *Produção e composição química da Erva-Sal, irrigada com rejeito da dessalinização de água salobra*. In: Congresso Nordestino De Produção Animal, 2000, Teresina-Pi. Congresso Nordestino De Produção Animal. v.2. p.115-117.
- ARAÚJO, G.G.L., MOREIRA, J.N., GUIMARÃES FILHO, C. et al. (2000). *Diferentes níveis de feno de maniçoba na alimentação de ovinos: digestibilidade e desempenho animal*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 37, 2000, Viçosa - MG. Viçosa: SBZ, 1 CDROM.
- ARAÚJO, G.G.L.de; HOLANDA JUNIOR, E.V.; SOUTO, J.C.R.; ARAÚJO, F.P.de; CAVALCANTI, J (2002).. *Custo e comparação econômica de dietas contendo diferentes níveis de feno de Erva-Sal (Atriplex nummularia Lindl.) para ovinos*. In: XXXIX Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002, Recife- PE. *Anais da XXXIX Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Recife-PE:– tecnologia multimídia, v. CD-ROM, p. 01-05.
- BARRETO, A. C.; Fernandes, M. F. (2001). Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucena leucocephala* em alamedas visando à melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36 P. 1287-1293.
- BARROS, N.N., SIMPLICIO, A.A., BARBIERI, M.E.. ( 1996 ). *Desempenho de borregos das raças Santa Inês e Somalis Brasileira, em prova de ganho de peso*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 33, 1996. Fortaleza. Fortaleza: SBZ, v. 1, p. 258.
- BARROS, N.N., ROSSETTI, R.B.C., ROSSETTI, A.G. ( 1997 ). *Feno de cunhã para acabamento de borregos*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 34, Juiz de Fora, 1997a. Juiz de Fora: SBZ, v.1, p. 382-384.
- BARROS, N.N. , SIMPLICIO, A.A., FERNANDES, F.D. ( 1997 ). *Terminação de borregos em confinamento no Nordeste do Brasil*. Sobral: Embrapa-Caprinos, 24p (Embrapa-Caprinos. Circular Técnica, 12).
- BATRA, L.; MANNA, M. C. ( 1997). *Delydrogenore activity and microbial biomass carbon in salt*. Affected soil of semiarid and arid regions. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, London, v. 11, p. 295-303..

Berry, W. L.; Nobel, P. S. (1985). Influence of soil and mineral stresses on cacti. *Journal of Plant Nutrition*, v. 5, n. 8, p. 679-696.

BUENO, M.S., CUNHA, E.A. da., SANTOS, L.E. dos., et al. ( 1998 ). *Desempenho e Características de Carcaças de Cordeiros Suffolk alimentados com diferentes tipos de volumosos*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35, 1998, Botucatu. Botucatu: SBZ, p.206-208.

CUNHA, A.P.; ARAUJO, G.G.L. de; PORTO, E.R.; SOUZA, C.M.S. de; LIMA, V.S.; DANTAS, F.R.; ASSIZ, C.M.; ALVES, J.N. ( 2004 ). *Consumo Voluntário dos Nutrientes de Dieta Composta por Melícia Forrageira (Citrullus Lanatus Cv. Citroides) e Feno da Erva-Sal (Atriplex Nummularia Lindl) por Caprinos e Ovinos*. In: III Congresso Nordestino de Produção Animal, 2004, Campina Grande. *Anais do III Congresso Nordestino de Produção Animal*. Campina Grande: SNPA, CD-ROM.

Dubeux Júnior, J. C. B.; Santos, M. V. F. dos; Lira, M. de A.; Santos, D. C. dos; Farias, I.; Lima, L. E.; Ferreira, R. L. C. (2006). Productivity of *Opuntia ficus-indica* under different N and P fertilization in northeast Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 67, n. 3, p. 357-372.

FAO. ( 1996 ). *Estudios de caso de especies vegetales para zonas aridas y semiaridas de Chile y Mexico*. Santiago: FAO Oficina Regional para America Latina y el Caribe, 143p. II. (FAO Zonas Aridas e Semiaridas;10).

FAO. (2011). The state of the world's land and water resources for food and agriculture - Managing system at risk. The Food and Agriculture Organization of the United Nations. Earthscan. Rome. 279p.

FERNANDES, P. D. GHEYI, H. R.; ANDRADE, A. P. & MEDEIROS, S. DE S. ( 2011 ). *Biosalinidade e produção agrícola*. In: Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Gheyi; H. R.; Dias, N. da S. & Lacerda, C. F de. INCTSaal. Fortaleza – CE.

GLENN, E. P.; BROWN; J. J. and O'LEARY, W. (1998 ). *Irrigation Crops with Seawater*. *Scientific American*. August 1998.

GLENN, E.P. and O'LEARY J.N. ( 1985 ). *Productivity and irrigation requirements of halophytes grown with seawater in the Sonoran Desert*. *J. Arid Environments* 9: p. 81-91.

GLENN, E., TANNER, R., MIYAMOTO, S., FITZSIMMONS, K. AND BOYER, J. (1998). *Water use, productivity and forage quality of the halophyte Atriplex nummularia grown on the saline waste water in a desert environment*. *Journal of Arid Environment*, 38: 45-62.

GONZAGA NETO, S. ( 1999 ). *Consumo, Digestibilidade e Degradabilidade de Dietas com Diferentes níveis de feno de Catingueira (Caesalpineia Bracteosa), em ovinos*, 44f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.

GURGEL, H. C. *Projeto de gestão do rejeito do dessalinizador para o consórcio piscicultura / forragicultura no distrito de Juá, Ceará*- Monografia- Departamento

Engenharia de Pesca- Universidade Federal do Ceará, 26 pág.

GUTIÉRREZ-CÉSPEDES, G.H. ( 2001 ). *Estudos citogenéticos e avaliação de genótipos do gênero Atriplex L. (Chenopodiaceae) / Germán Hugo Gutiérrez-Céspedes.* – Recife : 105 folhas : il., fig., Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCB. Genética.

Han, H.; Felker, P. (1997). Field validation of water use efficiency of CAM plant *Opuntia ellisiana* in South Texas. *Journal of Arid Environments*, v. 36, n. 1. P. 133-148.

IPCC-2007. (2007). *Reporto for the Intergovernmental Panel on Climate Changer.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdon and New York, NY, USA.

JOLY, A.B. (1977). *Botânica – Introdução à taxonomia vegetal.* Editora Nacional, São Paulo, Brasil. 4ª edição, pp. 172-176.

KUBTIZA, F. ( 2005 ). *Tilápia em água salobra e salgada.* Revista Panorama da Aquicultura. Rio de Janeiro, vol. 15 no 88, p. 14-18, mar/abril. 2005.

Lima, G. F. da Costa. (2010). *Manejo de água e solo na produção da palma forrageira irrigada e adensada no semiárido brasileiro.* EMPARN. (Palestra não publicada).

Lima, I. M. M. & Gama, N. S. (2001). Registro de plantas hospedeiras (cactáceas) e de nova forma de dessiminação de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae), cochonilha-da-palma-forrageira, nos estados de Pernambuco e Alagoas. *Neotropical Entomology*, v. 30, n. 3, p. 479-481.

LOUSÃ, M. F. (1986). *Comunidade halofítica da reserva de Castro Marim-Teses de Doutorado da Universidade Técnica de Lisboa.* Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.

Madruga, M. S.; Souza, W. H.; Rosales, M. D.; Cunha, M. G. G.; Ramos, J. L. F. (2005). Qualidade da carne de cordeiro santa Inês terminados com diferentes dietas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 34. N. 1, p. 309-315.

MATTOS, C.W. ( 2009 ). *Associação da Palma Forrageira (Opuntia-Ficus-Indica Mill) Feno de Erva-Sal (Atriplex Nummlaria L) Em Dietas para Cordeiro Santa Inês em Confinamento - Tese - Universidade Federal Rural de Pernambuco.* 101 pág.

MIYAMOTO, S.; GLENN, E. P.; SINGH, N. T. ( 1996 ). Utilization of halophytic plants for fodder production with brackish water in subtropic deserts. In: SQUIRES, V. R.; AYOUB, A. T. (Eds.). *Halophytes as a resource for livestock and for reha bilitation of degraded lands.* The Netherlans; Kluwer Academic. p 43-75..

Mohamed-Yasseen, Y.; Barringer, S. A.; Splittstoesser, W. E. (1996). A note on the users of *Opuntia* spp. In Central/North America. *Journal of Arid Environments*, v. 32, n.3, p. 347-353.

MORALES, J. & Benezra, M. (1996). Substitución del alimento concentrado por *Ipomea batatas* y *Gliricidia sepium* em becerros lactantes doble proposito. Informe Anual IPA 1994-1995. UCV, Facultad de Agronomia. Maracaya.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC ( 1975 ). . *Nutrient requirements of sheep*. Washington, DC..

Nobel, P. S. (1988). *Environmental Biology of Agave and Cacti*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 166-270.

Nobel, P. S. (1994). *Remarkable Agaves and Cacti*. Oxford University. New York.

OETTERER, Marília. ( 2002 ). *Industrialização do pescado cultivado*. Guaíba:agropecuária, 200p.

O'LEARY, J. N.; GLENN, E. P.; WATSON, M. C. ( 1985 ). *Agricultural production of halophytes irrigated with seawater*. Plant and Soil, Dordrecht, v. 89, p. 311-321.

OLIVEIRA, E. R. de., BARROS, N.N., ROBB, T.W., et al. ( 1986 ). *Substituição da torta de algodão por feno de leguminosas em rações baseadas em restolho da cultura do milho para ovinos em confinamento*. 1986. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 21, n. 5, p. 555-564.

OSTRENSKY, Antônio; BOEGER, ( 1998 ). *Water. Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo*. Guaíba: agropecuária, 221p.

PEREIRA, S. V. ( 2003 ). *Atividade enzimática e biomassa microbiana em solo do semi-árido cultivado com *Atriplex nummularia* Lindl*. Recife, 118 f. Tese (Doutorado em Taxonomia, Ecologia e Fisiologia dos Ecossistemas do Nordeste) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. de; DUTRA, M. T.; PAULINO, R L.; BRITO, L. T. de L.; MATOS, A. N.B. ( 2006 ). *Rendimento da *Atriplex nummularia* irrigada com efluentes da criação de tilápia em rejeito da dessalinização de água*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 97 – 103.

PORTO, E. R.; AMORIM, M.C. C. de; MATOS, A. N.B.; ARAUJO, G.G.L. de. ( 2004 ). *Uso do rejeito da dessalinização de água salobra para produção de forragem de atriplex* IN: Anais. In: III Congresso Nordestino de Produção Animal, 2004, Campina Grande - PB. Anais do III Congresso Nordestino de Produção Animal. Campina Grande: SNPA, v.CD-ROM

PORTO, E.R. e ARAÚJO, G.G.L. de. ( 1999 ). *Erva-Sal (*Atriplex nummularia*)*. Petrolina, PE: Embrapa-Semiárido, 4 p. il. (Embrapa-Semiárido. Instruções Técnicas 22).

Programa Xingo. ( 2000 ). *Cartilha Criação de peixe em tanque-rede*. CNPq/Chesf. 21p.

REIS Filho, R. J. C. dos; Oliveira, F. Z. (2015). Opções de produção de alimentos para a pecuária de Pernambuco – Uso das áreas irrigadas. In: <http://www.Sebrae.com.br/Sebrae/Portal>. Consulta em 30/09/2015.

REIS, R. C.; Antunes, C. G.; Dantas, B. F.; Castro, R. D. (2012). Physiological quality of *Gliricidia sepium* seeds subjected to diferents storage conditions. Revista

Árvore, V. 36, n. 2, pp. 229-235.

RITCHIE, J. T.; BURNETT, E. ( 1971 ). Dryland evaporative flux in a sub-humid climate. 2. Plant influences. *Agronomy Journal*, v. 63, p. 56 – 62.

SANTOS, O. O; ( 20110 ). *Níveis Crescentes de Erva-Sal sobre as características fermentativas e valor nutritivo da silagem de Capim-Elefante*. Dissertação- Universidade Federal do Vale do São Francisco. 69 Pág.

SHARMA, M. L. ( 1982 ). *Aspects of salinity and water relations of Australian chenopods*. In: SEN, D. N.; RAGPU ROHID, K. S. *Contributions to the ecology of halophyte*. Hague: W. Junk, Cap. 4, p. 155-175. (Tasks for Vegetations Science, 2).

SHARMA, M. L. ( 1977 ). *Water use by chenopod shrublands*. In: HOWES, K. M. W. (Ed). *Studies of the Australian Arid Zone. III. Water in rangelands*. Melbourne, Australia: CSIRO, p. 139 – 149.

SILVA, D.J. ( 1990 ). *Análise de alimentos* (Métodos químicos e biológicos). 2. ed. Viçosa, MG, UFV, Imp. Univ. 165p.

SIMÕES, D. A.; D. C. dos; Dias, F. M. (2005). Introdução da palma forrageira no Brasil. In: A palma no nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife: Ed. Universitária da UFPE. P. 13-26.

SIMONS, A. J. and Steart, J. L. (1994). *Gliricidia sepium* a multipurpose forage tree legume. In: R. C. Gutteridge, H. M. Shelton (eds.). *Forage tree legumes in tropical agriculture*. CAB International. Wallingford. Pp. 30-48.

SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P. J. FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. ( 1992 ). *A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability*. *J. Anim. Sci.* Champaign, v.70, n.11, p.3562-3577.

SOUTO, J.R.; ARAUJO, G.G.L.de; MOREIRA, J.N.;GUIMARÃES FILHO, C.; TURCO, S.H. N.; COSTA, R.G.; MEDEIROS, A. N.de. ( 2002 ). *Consumo e conversão alimentar de dietas com feno de Erva-Sal (Atriplex nummularia lindl.), para ovinos em confinamento*. In: XXXIX Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002, Recife-PE. Anais da XXXIX Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Recife-PE: - tecnologia multimídia, v. CD-ROM, p.01-04.

SOUTO, J.C.R.; ARAUJO, G.G.L.; SILVA, D. S. da; PORTO, E.R.; MOREIRA, J.N.; FERREIRA, M.A.; TURCO, S.H.N. ( 2001 ). *Feno de Erva-Sal (Atriplex nummularia lindl.), uma alternativa para ovinos no semiárido: consumo de nutrientes*. In: XXXVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, Piracicaba-SP. Anais da XXXVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba: SBZ,. CD-ROM

SOUTO, J.C.R.; ARAUJO, G.G.L. de; SILVA, D.S. da; PORTO, E.R.; OLIVEIRA, C.A.V.; MEDEIROS, A.N.de; COSTA, R.G. ( 2002 ). *Desempenho de ovinos alimentados com feno de Erva-Sal (Atriplex nummularia Lindl.) no semiárido nordestino*. In: XXXIX Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002, Recife- PE. Anais da XXXIX Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.

Recife-PE: - tecnologia multimídia, v. CD-ROM, p. 01-04.

SOUZA, C.M. S. de; ARAUJO, G.G.L. de; PORTO, E. R.; CUNHA, A. P.; LIMA, V.S.; DANTAS, F.R.; ASSIZ, .; ALVES, J.N. ( 2004 ). *Consumo voluntário de nutrientes do feno de Erva-Sal Atriplex nummularia lindl. mm caprinos e ovinos*. In: III Congresso Nordestino de Produção Animal, 2004, Campina Grande- PB. Anais do III Congresso Nordestino de Produção Animal. Campina Grande: SNPA, v.1 CD-ROM.

SWINGLE, R.S., GLENN, E.P., SQUIRES, V. (1996). *Growth performance of lambs fed mixed diets containing halophyte ingredients*. Animal Feed Science Technology. v.63, p.137-148, 1996.

VAN SOEST, P.J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 476 p.

WOYNAROVICH, ELEK. (1993). *Manual de piscicultura*; traduzido por Marcelo José de Melo. Brasília: Codevasf, 71p.