



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS SOCIAIS

Mestrado em Economia e Gestão Aplicadas
Especialização Recursos Naturais e Ambiente

Dissertação

**Impactes do preço da água na agricultura no Perímetro Irrigado do
Vale de Caxito**

Jaime Agostinho Jerónimo

Orientador:

Pedro Damião de Sousa Henriques

Co-Orientadores:

Maria Leonor Pimenta Marques Verdete da Silva Carvalho

Ana Sofia Gonçalves Pedro Pires

2013

Mestrado Economia e Gestão Aplicadas
Especialização Recursos Naturais e Ambiente

Dissertação

**Impactes do preço da água na agricultura no Perímetro Irrigado do
Vale de Caxito**

Jaime Agostinho Jerónimo

Orientador:

Pedro Damião de Sousa Henriques

Co-Orientadores:

Maria Leonor Pimenta Marques Verdete da Silva Carvalho

Ana Sofia Gonçalves Pedro Pires

2013

À minha esposa Teresa Viagem da Silva
e ao meu filho Caio Daniel

Agradecimentos

A Deus por me dar capacidades e habilidades para concluir esta dissertação.

A Engenheira Sofia Pires pela sua grande disponibilidade, pelas informações úteis à pesquisa, ao Presidente do Conselho de Administração da Caxito Rega, Senhor João Mpilamosi Domingos e ao seu Administrador Engenheiro João M. Baptista, pelo fornecimento de algum material referente ao tema de estudo.

Aos meus professores Pedro Henriques, Maria Leonor, Rui Fragoso e Maria Raquel Lucas que mostraram sempre a preocupação no percurso na investigação e, acima de tudo, pela disponibilidade de acolher todos os colegas.

Aos meus colegas do curso de mestrado, em particular, Cláudio Bernardo, Samuel Gonçalves, Ngombo Alino e o Samuel Francisco, pelo incentivo.

Aos meus amigos que deram sempre uma força para que esta pesquisa se tornasse possível.

*esta dissertação por vontade do autor, **não segue** as regras do Novo **Acordo Ortográfico**

Impactes do preço da água na agricultura no Perímetro Irrigado do Vale de Caxito

RESUMO

O aumento da pressão sobre os recursos hídricos tem levado muitos países a reconsiderarem os mecanismos utilizados na indução do uso eficiente da água. Isso é especialmente verdade para a agricultura irrigada, uma das principais consumidoras de água. Estabelecer o preço correcto da água é um dos mecanismos de tornar mais eficiente a alocação da água. Contudo, a definição de um preço para a água é ainda uma tarefa controversa principalmente nos países em que as populações rurais têm rendimentos deficientes. Assim, o presente trabalho de dissertação tem como objectivo a análise dos impactes económicos, sociais e ambientais de políticas de preço da água. A metodologia utilizada foi a Programação Linear, fazendo a sua aplicação ao Perímetro Irrigado do Vale de Caxito, localizado na Província do Bengo, a 45 km de Luanda, que tem como fonte o rio Dande.

Palavras-chave: Recursos hídricos, Preço da água, Programação Linear.

Impacts of the price of water in the irrigated agriculture of the Irrigated Perimeter of Vale do Caxito

ABSTRACT

Increased pressure on water resources has led many countries to reconsider the mechanisms used in the induction of efficient water use. This is especially true for irrigated agriculture, a major consumer of water. Establishing the correct price of water is one of the mechanisms for more efficient allocation of water. However, the definition of a price for water is still a controversial task especially in countries where rural populations have poor yields. Thus, this dissertation aims to analyze the economic, social and environmental impacts of water price policies. The methodology used is the linear programming, making its application to the Irrigated Valley Caxito, located in Bengo Province, 45 kilometers from Luanda, which has as its source the river Dande.

Keywords: Water resources, Water price, Linear Programming.

ÍNDICE

	pg.
Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
ÍNDICE DE QUADROS E TABELAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
SIGLAS E ABREVIATURAS.....	xi
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização.....	2
1.2 Problema e importância do estudo.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.4 Estrutura do trabalho.....	4
CAPÍTULO 2 – A ÁGUA NA AGRICULTURA E NO DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA.....	7
2.1 A água na agricultura e desenvolvimento agrícola.....	7
2.1.1 Características da água para agricultura.....	8
2.1.2 A água como recurso económico.....	9
2.1.3 O uso sustentável de água de rega.....	10
2.2 Distribuição e acesso à água em Angola.....	12
2.2.1 Os recursos hídricos em Angola.....	15
2.2.2 Utilização da água.....	17
2.2.3 Os perímetros irrigados.....	20
2.2.4 Irrigação em Propriedades Privadas.....	21
2.2.5 Pequenos esquemas de irrigação e regadios tradicionais.....	22
2.3 Contributo da irrigação para o desenvolvimento económico e social Angola...	23
CAPÍTULO 3-METODOLOGIA.....	25
3.1 Modelos de programação Matemática na agricultura.....	25
3.2 Caracterização da área de estudo.....	25
3.2.1 Características gerais da região do Perímetro de rega do Caxito.....	27

	pg.
3.3 O modelo de programação linear utilizado para o perímetro de rega do Caxito	29
3.4 Organização dos dados, construção e validação do modelo	32
3.4.1 Terra.....	32
3.4.2 Tração, mão-de-obra.....	33
3.4.3 Água.....	34
3.4.4 Rendimentos e encargos.....	35
3.4.5 Construção e validação do modelo.....	36
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	39
4.1 Cenários.....	39
4.2 Método com tarifa fixa por superfície (TFS).....	39
4.3 Métodos com tarifa volumétrica	43
4.3.1 Método com tarifa volumétrica simples (TVS)	43
4.3.2 Método com tarifa volumétrica variável (TVV)	46
4.3.3 Comparação dos Métodos de tarifação volumétrica simples e variável....	51
4.4 Impacto ambiental.....	54
4.5 Curva da procura de água.....	54
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	57
5.1 Conclusões	57
5.2 Recomendações	59
BIBLIOGRAFIA.....	61
ANEXOS.....	65

ÍNDICE DE QUADROS E TABELAS

	pg.
Quadro 2.1 - Principais Bacias Hidrográficas de Angola	16
Quadro 2.2 – Principais barragens de Angola.....	18
Quadro 2.3: Perímetros Irrigados reabilitados.....	21
Tabela 3.1 – Atividades no modelo e respetivos códigos.....	33
Tabela 3.2 – Necessidades de tração por hectare	34
Tabela 3.3 – Necessidades de mão-de-obra por hectare.....	34
Tabela 3.4 – Encargos e rendimentos das atividades incluídas no modelo.....	36
Tabela 3.5 – Resultados do modelo e valores observados (2010/11) para a ocupação cultural.....	37
Tabela 3.6 – Preços sombra da terra.....	37
Tabela 3.7 Resultados da parametrização da RHS da restrição da água.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	pg.
Figura 4.1- Área ocupada pelas culturas (%) para diferentes níveis de preços da água (milhares Kz/ha) (TFS)	40
Figura 4.2- Consumo total de água (milhares de m ³) para diferentes valores da tarifa da água (TFS)	41
Figura 4.3- Mão de obra (UHT) para diferentes valores da tarifa da água (TFS).....	41
Figura 4.4- Receita total da água (milhares de Kz) para diferentes valores da tarifa da água (TFS)	42
Figura 4.5 -Margem bruta (Milhares de kz) para valores da tarifa da água (TFS)	42
Figura 4.6- Área ocupada pelas culturas (%) para diferentes níveis de preços da água (Kz/m ³) (TVS)	44
Figura 4.7- Consumo total de água (milhares de m ³) para diferentes valores da tarifa da água (TVS)	44
Figura 4.8 -Mão de obra (UHT) para diferentes valores da tarifa da água (TVF).....	45
Figura 4.9- Receita total da água (milhares de Kz) para diferentes valores da tarifa da água (TVS)	45
Figura 4.10- Margem bruta (Milhares de kz) para valores da tarifa da água (TVS).....	47
Figura 4.11- Área ocupada pelas culturas (%) para diferentes níveis de preços da água (Kz/m ³) (TVV)	47
Figura 4.12- Consumo total de água (milhares de m ³) para diferentes valores da tarifa da água (TVV)	48
Figura 4.13 -Mão de obra (UHT) para diferentes valores da tarifa da água (TVV).....	49
Figura 4.14-Receita total da água (milhares de Kz) para diferentes valores da tarifa da água (TVV)	50
Figura 4.15- Margem bruta (Milhares de kz) para valores da tarifa da água (TVV)	50
Figura 4.16- Consumo total de água (milhares de m ³) para os métodos de tarifação volumétricos	51
Figura 4.17- Receita total da água (milhares de Kz) para os métodos de tarifação volumétricos.....	52
Figura 4.18- Margem bruta (Milhares de kz) para os métodos de tarifação volumétricos	53
Figura 4.19 -Mão de obra (UHT) para os métodos de tarifação volumétricos.....	54
Figura 4.20- Curva da procura de água para a irrigação no perímetro de Caxito.....	55

SIGLAS E ABREVIATURAS

CIAMA-Conferencia Internacional sobre a Água e Meio Ambiente.

EPAL- Empresa Pública de Abastecimento de Água de Luanda.

FAO- Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.

IBEP- Inquérito Integrado sobre o Bem- estar da População.

INE- Instituto Nacional de Estatística.

IWMI- International Water Management Institute.

MICS- Multiple Indicator cluster survey.

MINADER- Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural.

MINEA- Ministério de Energia e Águas.

MINSa- Ministério da Saúde.

MINUA- Ministério do Urbanismo e Ambiente.

OMS- Organização Mundial da Saúde.

PIB- Produto Interno Bruto.

PNUD- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

SADC- Comunidade de Desenvolvimento da África Austral.

SOPIR – Sociedade de Desenvolvimento dos Perímetros Irrigados, S.A.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A grande maioria dos sistemas de agricultura utiliza as chuvas como principal fonte de abastecimento de água para as plantas. Naqueles locais em que a quantidade de precipitação durante o ciclo de vida das plantas é insuficiente, e havendo água armazenada, esta pode ser utilizada para completar ou suplementar o fornecimento de água às plantas.

A irrigação é uma técnica alternativa que visa ao aumento da produtividade das culturas, especialmente em regiões áridas e semi-áridas. Esta técnica pode ter grande impacto nas disponibilidades hídricas das fontes da água, devido ao imenso consumo de água requerido nos sistemas de irrigação, em especial nas regiões com elevada concentração de áreas irrigadas, principalmente na época da seca (Costa, 1991).

A água é um recurso finito no planeta. Estima-se que a quantidade de recursos hídricos renováveis esteja na ordem de 47.000 km³/ano, dos quais 41.000 km³ não são economicamente aproveitados (Johansson, 2000, citado por Resende *et al.*, 2008). A quantidade de água bruta disponível para cada país é praticamente constante, se aliado ao crescimento mundial da população faz com que a avaliação de longo prazo da disponibilidade da água seja de 4.380 m³ por pessoa por ano em 2050 (Johansson *et al.*, 2002, citado por Resende *et al.*, 2008).

A afectação eficiente dos recursos hídricos existentes é uma consequência da possível escassez deste recurso no futuro. O aumento desta eficiência pode ser conseguido através da cobrança de um valor pelo uso da água. Este mecanismo pode encorajar a conservação do recurso água. De acordo com Caramaschi et al., (2000), o uso racional da água, o aumento da sua produtividade e eficiência e a redistribuição dos custos sociais da sua utilização são induzidos através da cobrança pela sua utilização.

Angola possui um enorme potencial agrícola, combinado com um expressivo gradiente de situações edafoclimáticas. A agricultura de sequeiro permite manter explorações agrícolas em actividade, mas a chamada “mudança climática global” tende a mudar este cenário por isso, considera-se que o regadio será no futuro um instrumento fundamental à produção agrícola da nação Angolana.

A agricultura em Angola necessita aproximadamente de 6.700 m³/seg./ha de água, acrescido ao consumo hídrico pecuário estimado em 232.000 m³/dia (MINADER,

2002). No período anterior à independência foram implementados alguns esquemas de irrigação de grande dimensão, muitos deles associados a colonatos, de que são exemplos os construídos na província da Huíla.

De igual modo, surgiram várias obras de rega destinadas essencialmente à produção canavieira, de que são exemplos Caxito, Bom Jesus, Cavaco e Catumbela. Os regadios privados ou tradicionais (pequenos regadios) surgem quase sempre associados a cursos de água que visam apoiar a produção agrícola durante a época do cacimbo e disseminaram-se um pouco por todo o território.

O relançamento da actividade hidroagrícola foi, igualmente, uma das prioridades, pelo que se aprovou em Conselho de Ministros, na sua sessão de 4 de Março de 2005, o documento intitulado “Modelo de Gestão dos Perímetros Irrigados”.

Através da Resolução 7/05, de 1 de Abril, é constituída a SOPIR – Sociedade de Desenvolvimento dos Perímetros Irrigados, S.A., para gerir e supervisionar o património do Estado construído nos perímetros irrigados.

1.1 Contextualização

Angola é um dos países com maior potencial de desenvolvimento do continente africano. A economia angolana, apesar de afectada pela crise internacional de 2009, tem, no entanto, vindo a recuperar. De acordo com o Relatório Económico de Angola (CEIC, 2011), o desafio actual do país é a diversificação da economia para diminuir a dependência do petróleo. E, sem dúvida, um dos sectores mais dinâmicos para o crescimento da economia angolana é o da Agricultura, que apresentou uma taxa de crescimento real de 29%, entre 2008 e 2009 (OGE, 2011).

Os vários e longos anos de guerra civil, 1975-2002, que o país enfrentou, deixaram muitas das infraestruturas locais em ruínas. O Governo de Angola alinhado ao investimento interno, tem procurado mitigar a problemática da escassez de água em projectos assentes no âmbito da reconstrução pós-conflito.

Segundo o INE (2009), Angola é dotado de abundantes recursos naturais mas 68% dos angolanos vivem actualmente abaixo do limiar da pobreza, com 26% vivendo em pobreza extrema, sobrevivendo com menos de USD 1 por dia.

O inadequado acesso e a fraca utilização da água potável e do saneamento básico da maioria da população angolana continuam a ter graves repercussões, especialmente nas crianças. Em Angola, em cada quatro crianças uma morre de diarreia ou de outras doenças relacionadas com a água e o saneamento (MINSa, 2011).

Segundo o Relatório do MINUA (2008), nas zonas rurais, cerca de 71% dos agregados familiares não tem acesso a água potável para beber e 79% não tem equipamentos e saneamento adequados. O surto de cólera que, em 2006, afectou mais de 86.000 pessoas e ceifou cerca de 3.000 vidas em 16 das 18 províncias de Angola, sublinha a necessidade urgente de se melhorar o acesso aos equipamentos de água e saneamento e de se intensificar a adopção de práticas de higiene, a fim de se retirarem maiores vantagens destes serviços.

O combate à fome, a segurança alimentar e o aumento do contributo da agricultura para o PIB, são os sustentáculos fundamentais que devem contribuir para alavancar o desenvolvimento do sector agrário em Angola. Num país com elevada disponibilidade de recursos hídricos e com uma sazonalidade climática bem marcada, a água constitui um bem essencial ao desenvolvimento da agricultura durante o período seco, entre Maio e Outubro.

1.2 Problema e a importância do estudo

A motivação para este tema, com enfoque para a determinação do preço da água na agricultura no Perímetro Irrigado de Vale de Caxito, surgiu durante o estudo da disciplina dos Recursos Hídricos e da visita que fizemos ao Perímetro.

Devido ao crescimento demográfico e ao actual desenvolvimento económico e social de Angola exige-se maior consumo de água para agricultura, indústrias e usos domésticos.

O crescente desperdício deste recurso e sua contaminação torna-o cada vez mais escasso do ponto de vista quantitativo e qualitativo, por esta razão surge a necessidade de encarar este recurso como um bem económico essencial ou de primeira necessidade.

Experiências antecedentes, em vários países e contextos mostraram que o aumento indiscriminado da oferta da água não estimulou o seu uso racional, levando a desperdícios, sem ter em conta os negativos impactos ambientais.

Assim, a ideia de partida foi a determinação do preço da água na agricultura no Perímetro Irrigado de Vale de Caxito, para o uso racional deste recurso.

A escassez da água afecta as culturas de regadio, com implicações nefastas nas possibilidades de auto-suficiência alimentar das populações mais desfavorecidas, nas áreas rurais e peri-urbanas, além de constituir um constrangimento no fornecimento de produtos agrícolas aos centros urbanos a partir das suas periferias.

A importância deste trabalho reside na contribuição que pode dar para o uso racional da água no Perímetro Irrigado do Vale de Caxito.

1.3 Objectivos

Assim, o objectivo geral desta dissertação prende-se com a análise dos impactes económicos, sociais e ambientais de políticas de preço da água.

De modo a atingir o objectivo geral será necessário atingir os seguintes objectivos parciais:

- 1) Apuramento de coeficientes técnicos e económicos referentes às actividades agrícolas do Perímetro de Rega de Vale de Caxito, empresa Agrolíder;
- 2) Desenvolver um modelo matemático que permita simular vários cenários de políticas de preço da água no Perímetro Irrigado de Vale de Caxito;
- 3) Construção da curva da procura da água da empresa Agrolíder no Perímetro Irrigado de Vale de Caxito.

1.4 Estrutura do trabalho

Esta dissertação encontra-se organizada em 5 capítulos. Após o capítulo da introdução, no qual se faz a contextualização, definição do problema e sua importância e os objectivos do estudo, o capítulo 2 faz menção da água na agricultura e no desenvolvimento agrícola, procurando realçar a importância da água na agricultura, as suas características como recurso económico bem como o uso sustentável de água de rega. A seguir referencia-se a distribuição, acesso e os recursos hídricos em Angola, bem como a sua utilização. Posteriormente analisam-se os perímetros irrigados, a irrigação em propriedades privadas, pequenos esquemas de irrigação e regadios

tradicionais e o contributo da irrigação para o desenvolvimento económico e social do país.

O capítulo 3 aborda a metodologia utilizada, focando-se nos modelos de programação matemática na agricultura, caracterização da região de estudo, perímetros de rega, recolha de dados e a formulação do modelo de programação linear no perímetro irrigado de Caxito. Salienta-se ainda a organização dos dados, construção e validação do modelo de programação matemática.

No capítulo 4 faz-se a análise e a discussão dos resultados obtidos nos quais se salienta a determinação do preço da água de rega.

No capítulo 5 sumarizam-se as principais conclusões do estudo e recomendações para pesquisa futura.

CAPÍTULO 2 – A ÁGUA NA AGRICULTURA E NO DESENVOLVIMENTO AGRÍCOLA

Neste capítulo faz-se uma pequena resenha da importância da água para as comunidades humanas, realçando o seu papel na agricultura e desenvolvimento agrícola, a distribuição e acesso à água em Angola e o contributo da irrigação para o desenvolvimento económico e social de Angola.

2.1 A água na agricultura e desenvolvimento agrícola

O sector agrícola é visto como o maior consumidor de recursos hídricos a nível mundial. A água é um recurso importantíssimo para a produção agrícola e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), estima que 70% da água consumida no universo é utilizada na agricultura.

A modernização da agricultura aumentou consideravelmente a busca de água nesse sector e estima-se que, pela urgência de satisfazer as carências alimentares advenientes do incremento populacional, em 2050, a procura de água para fins agrícolas crescerá cerca de 17%.¹

A correspondência entre a fome, a produção de alimentos e a água são evidentes, sem este recurso, em qualidade e quantidade, é impossível produzir alimentos, visto que diversos estudos mostram que os países que mais sofrem com a fome são aqueles que têm maiores necessidades hídricas.

A água não pode ser considerada separadamente de recursos mais vastos, como a saúde e a educação, ou do acesso a outros activos produtivos importantes, como a terra, o capital e as infra-estruturas. A insegurança na disponibilidade de água representa um poderoso factor de risco para a pobreza. Os meios de subsistência englobam não só as capacidades e mas também os activos de que as pessoas necessitam para ganhar o seu sustento e manter o seu bem-estar.

A população mundial que a agricultura deve alimentar anda nos sete mil milhões de habitantes. Assim, a agricultura como processo de cultivar os campos com vista à obtenção não só de alimentos para o homem e animais, mas também como meio de

¹ Internacional Water Management Institute (IWMI), citado em Science & Vie, p.112.

produzir fibras, energia, matérias-primas que são utilizadas em diferentes tipos de indústrias, é uma actividade fundamental para o ser humano.

2.1.1 Características da água para agricultura

A irrigação como técnica que tem como finalidade aumentar e controlar a quantidade de água disponível para as plantas, permite um aumento da produtividade da agricultura e portanto da segurança alimentar, e uma diminuição do risco associado ao impacto negativo da variabilidade da precipitação (Henriques *et al.*, 2006). A irrigação pode ser vista como um complemento da precipitação e da humidade atmosférica permitindo manter um suprimento regular de água para as plantas.

Contrariamente ao que acontece na maior parte dos usos consumptivos, em que o uso da água reflecte uma utilização final, na agricultura de regadio a água constitui um factor de produção agrícola, um consumo intermédio. Por isso, não existe uma procura directa da água, mas sim uma procura derivada, dependente da procura dos produtos nos mercados agrícolas. Como tal, a procura de água de rega está dependente do tipo de culturas, da tecnologia de irrigação e da rendibilidade das actividades agrícolas.

O acesso seguro a água de irrigação possui várias dimensões, nomeadamente produção rendimento/consumo, emprego, segurança alimentar e outros bens. Na dimensão produção a água para rega permite o aumento das colheitas, o aumento das áreas de produção, a intensificação dessa mesma produção, o aumento da diversificação das culturas. Em termos de rendimento/consumo permite aumentos do rendimento da produção agrícola, aumentos do consumo alimentar das famílias, estabilização do rendimento familiar das explorações agrícolas e a redução do preço dos alimentos. Este acesso seguro a água de irrigação aumenta as oportunidades de emprego na agricultura e fora da agricultura e um aumento dos salários agrícolas. A irrigação permite ainda reforçar a disponibilidade de alimentos, a redução da insuficiência do consumo, redução do risco de más colheitas e dos efeitos sazonais da produção (Hussain e Hanjra, 2003)

De acordo com a FAO (2004), a água possui características únicas que determinam o seu uso na agricultura. A água para irrigação podendo ser bombeada de reservas subterrâneas, ou extraída de rios ou de bacias de águas superficiais armazenada, é aplicada à planta por alagamento, aspersão ou gota a gota. As plantas aproveitam igualmente a água da chuva. Esta infiltra-se no solo, evapora ou escorre como água

superficial. Da água que se infiltra na terra, uma parte é aproveitada pelas plantas (e depois perdida por transpiração) e outra parte infiltra-se mais profundamente, recarregando os aquíferos. Esta água pode ser poluída com produtos tóxicos como fertilizantes, herbicidas e pesticidas, com sais lixiviados da terra e com efluentes de dejectos animais.

Sendo um recurso “volumoso”, isto é, um recurso cujo valor económico por unidade de volume tende a ser relativamente baixo, o seu transporte tem um custo elevado por unidade de volume, os custos de extração, armazenamento e qualquer transporte tendem a ser altos comparativamente ao baixo valor económico dado ao uso de uma unidade adicional de água. Situações específicas poderão criar valores diferentes para a água (Young, 1996).

O consumo de água para agricultura é exclusivo, não estando disponível para outros usos. Porém, só uma proporção pequena da água disponibilizada é consumida pelas plantas, o resto volta mais tarde ao sistema hídrico, possivelmente para novos usos. Os fluxos de retorno de água podem entrar de novo no ciclo hidrológico, sendo esta água de pior qualidade que a água extraída dos aquíferos.

As características da procura da água para a irrigação relacionam entre outras as variáveis quantidade, lugar, tempo e a qualidade. Geralmente a irrigação requer grandes volumes de água que pode ser de baixa qualidade, ao contrário da água procurada para o abastecimento doméstico, quantidades menores mas de alta qualidade. No tocante ao tempo, a procura da água para a irrigação distribui-se através de toda a estação de crescimento da planta.

Segundo Abad (2007), a quantidade de água oferecida para uso na agricultura não pode ser determinada facilmente. Esta determinação pode fazer-se por fluxo de água, evaporação da superfície e filtração do solo. No caso das águas superficiais, a provisão é em grande parte determinada pelo clima. Por conseguinte, a quantidade oferecida é variável e pode ser aleatória, afectando, em alguns casos, o valor da água.

2.1.2 A água como recurso económico

A vida no planeta terra sem água seria irrealizável. A disponibilidade de água, mais do que outro qualquer factor, determina em última instância a capacidade de população possível, bem como o seu estado de desenvolvimento e de progresso. O consumo de

água por habitante é um dos indicadores que, com certa fiabilidade, permite avaliar o nível de vida duma sociedade.

Segundo a Conferência Internacional sobre a Água e Meio Ambiente, realizado na Irlanda, Dublin em Janeiro de 1992, concluiu-se, entre outras coisa, que: "A água tem um valor económico em todos os seus usos competitivos e por este facto deve ser reconhecido como um bem económico (CIAMA, 1992).

Todo crescimento económico está associado ao consumo de água, que se manifesta de maneira crescente em função do seu uso e localização (Van-Dúnem, 2002). À medida que o consumo de água cresce, a sua disponibilidade diminui, a escassez aumenta. A escassez de água induz a uma maior competição para o seu uso. A competição pela procura leva a um custo de oportunidade crescente. O custo de oportunidade levou muitas vezes ao estabelecimento de um preço para o uso da água ou ao seu racionamento. Por exemplo, Lanna (1999) acredita que ao estabelecer-se um preço da água haja uma restrição na sua quantidade.

O acesso à água e à sua utilização na maioria dos países da África Sub-Sahariana, resulta acima de tudo de uma estratégia de segurança alimentar, já que está intimamente ligada ao incremento da provisão de alimentos. Interessa recordar que, em África, a segurança alimentar não é somente disponibilidade, mas, fundamentalmente, acesso aos alimentos e estabilidade nesse acesso.

A água nem sempre é vista como um bem económico, que deve ser usado com eficácia, alocando-se um preço justo ao seu consumo, como forma de melhorar a sua utilização e criar mecanismos para uma sustentabilidade das infraestruturas e do seu consumo (Van-Dúnem, 2002).

2.1.3 O uso sustentável de água de rega

O fornecimento da água para rega está em algumas partes do universo entrando em escassez. A crescente procura da água para o consumo doméstico, sectores comerciais e industriais, como resultado do crescimento populacional e industrial combinado com à ocorrência mais frequente das secas, tem levantado crescentes preocupações sobre a sabedoria convencional de perceber a água para irrigação como um dom gratuito da natureza.

De acordo com Henriques *et al.* (2006), o padrão de consumo de água para satisfazer as necessidades domésticas aumentou como consequência do desenvolvimento das diferentes sociedades. Este desenvolvimento levou à poluição de grande parte dos rios e dos lagos, reduzindo a oferta de água para as diferentes actividades humanas. Associados à poluição podem ainda considerar-se a drenagem de muitos ecossistemas naturais, a desflorestação desordenada de muitas regiões e o aquecimento global, factos estes que provocam alterações ao nível da oferta de água para as próximas gerações.

Dada a escassez da água, o seu uso sustentável passará certamente pela fixação de um preço para a sua utilização, marcando a importância crescente que as políticas de gestão da água vêm assumindo (Serageldin, 1995; Henriques *et al.*, 2006). A fixação de um preço para a água na agricultura também pode ser considerada como um requisito para o uso sustentável dos recursos hídricos nos países em desenvolvimento.

Em diversas partes do mundo, a distribuição gratuita da água tem causado o uso irracional do recurso (WB, 1993). Relativamente ao consumo de água para a agricultura, a política de irrigação assume relevância especial uma vez que lida com a construção das infra-estruturas de captação, armazenamento e distribuição, a manutenção dessas infra-estruturas, a divisão da água pelos diferentes beneficiários e a adopção das tecnologias de rega.

Segundo Pearce e Warford (1993), o princípio subjacente dos preços dos recursos naturais em relação a preocupações de sustentabilidade é que estes devem refletir:

- O custo de extração e/ou obtenção;
- Quaisquer custos ambientais envolvidos;
- A exclusão dos benefícios no futuro em usar um recurso hoje.

A primeira categoria de preços está relacionada com os custos marginais de extração/obtenção, enquanto o terceiro relaciona-se com os custos de oportunidade de uso futuro da água. O preço relacionado com os custos ambientais diz respeito às externalidades negativas derivadas da sua utilização e do seu fluxo de retorno ao meio natural.

Os critérios de sustentabilidade ambiental, económica e ou social para o uso ideal da água pode ser medida ao comparar-se a disposição do agricultor em pagar e os custos de oportunidade da escassez do mesmo.

Existem várias questões metodológicas e práticas envolvidas ao medir o valor económico da água para irrigação. A primeira questão diz respeito à aplicação de métodos disponíveis para a determinação do preço económico da água. Assim, do ponto de vista da eficiência económica, os preços da água devem incidir sobre o valor marginal do produto ou dos custos de oportunidade (Howe, 1993). Do ponto de vista governamental, o preço da água deve pelo menos cobrir os custos do capital, assim como os custos das operações e despesas de manutenção dos sistemas de irrigação (Rogers, 1993).

A razão para que a água de rega seja paga em função da quantidade utilizada, deve-se ao facto de esta opção induzir os agricultores a utilizarem o nível de água que maximiza o lucro e a escolherem as tecnologias de irrigação que tenham uma correspondência económica, evitando o desperdício de um bem cada vez mais escasso, mais precioso e imprescindível. O aumento da eficiência na utilização da água, para a mesma quantidade de água produzir mais alimentos ou para a mesma produção de alimentos utilizar menos água, contribui de forma marcada para a conservação do recurso e para o seu uso sustentável.

2.2 Distribuição e acesso à água em Angola

Em África, dos 800 milhões de pessoas que se estima viverem no continente, 300 milhões vivem num ambiente de escassez de água, maioritariamente nas regiões Norte e Sul. Em média, 64% da população Africana tem acesso ao abastecimento de água potável. Contudo, cerca de dois terços da população Africana vive em áreas rurais onde a cobertura para o abastecimento de água é a mais pobre, abrangendo apenas 50% da população. Em áreas urbanas estima-se que 86% da população tem acesso a água potável; no entanto, estas áreas enfrentam dois problemas principais: muitos centros urbanos têm os sistemas de distribuição de água em declínio devido a redes inadequadas, antigas e sobrecarregadas; e os moradores de áreas peri-urbanas vivem em bairros degradados e são pobres, estando privados de um acesso razoável à água potável (2003 IYFW, 2008).

Uma das principais barreiras ao rápido progresso em direcção aos Objectivos de Desenvolvimento do Milénio (ODM) é justamente o acesso restrito à água que tem como consequência as profundas desigualdades em termos de riqueza e de género. O

nível de vida das populações em África depende fortemente do abastecimento de água, serviço que deverá ser fortemente incrementado nas próximas décadas. A falta de água afecta a produção de alimentos, as condições de saúde e o desenvolvimento industrial (PNUD, 2006). O problema da água não é tanto um problema de escassez física, mas sim de gestão do seu uso.

Em Angola, o nível de acesso à água potável não ultrapassa os 40%, valor muito baixo quando comparado com os valores para outros países da África Subsariana, como a África do Sul (93%) e o Botswana (96%), ou com a média dos países da SADC (70%) (Pestana, 2011).

O país apresenta grandes limitações e carências ao nível de abastecimento da água, tendo este serviço experimentado desde a independência, uma tendência evolutiva negativa que se agravou a partir de 1992 com o reacender da guerra e que provocou, para além da destruição de muitos sistemas de abastecimento de água, a migração de parte substancial da população do interior do país para as grandes cidades (MINEA, 2006).

Segundo o Relatório de Desenvolvimento Humano (PNUD 2006), a falta de acesso à água é uma crise silenciosa suportada pelos pobres e admitida por aqueles que dispõem dos recursos, da tecnologia e do poder político para acabar com a privação. No entanto, esta escassez está a bloquear o progresso humano, condenando consideravelmente parte da humanidade à pobreza, vulnerabilidade e insegurança. Esta crise ceifa mais vidas por doença do que qualquer conflito armado.

Conforme Pereira (2008), o problema da distribuição e acesso à água em Angola é bem evidenciado com o consumo médio diário de 30 litros por pessoa. Os dados do PNUD e documentos oficiais² chamam a atenção para situações críticas, em zonas rurais e periurbanas, em que esses valores baixam para 5 litros. Estes valores médios não evidenciam a forte desigualdade no acesso à água nem mostram o peso do preço pago nos orçamentos familiares.

A distribuição de água à capital do país, conforme estimativas, cerca de cinco milhões de pessoas, tem suscitado a atenção das estruturas responsáveis pela execução de projectos virados para proporcionar o acesso à água potável a um grande número de

² "Caracterização do Sector das Águas em Angola", publicada com a Resolução do Conselho de Ministros nº 10/04, de 11 de Junho.

famílias (Jornal de Angola, 29/06/12). A distribuição da água em uma grande parte da população é feita recorrendo a chafarizes³ ou à compra de água distribuída por camiões cisterna. Uma parte considerável dos habitantes da cidade capital, utiliza três bidões de 20 litros, duas vezes por dia, para satisfazer as necessidades de um agregado de seis a sete pessoas, perfazendo um total de 120 litros/dia, o que implica um consumo diário por pessoa de 20 litros, que é a metade da quantidade de litros de água limiar mínima aceitável⁴ segundo os parâmetros da Organização Mundial da saúde (OMS).

Com o objetivo de melhorar e aumentar o acesso à água potável nas zonas rurais, o Governo Angolano instituiu o programa “Água para todos”, uma vez que somente 23% da população Angolana que vive em zonas rurais abrange esta cobertura, tendo como meta atingir 80% desta população até 2012 (Pestana, 2011).

Contrariamente à população que tem acesso a água da rede, a correr nas torneiras de casa, se tiverem possibilidades próprias de a bombear, em geral não pagam água, visto que não existe um eficiente serviço de cobrança. Esta situação deve-se, em grande medida, ao facto do pagamento de taxas pelo consumo de água não estar regulamentado (Pereira, 2008).

A actividade paralela de venda da água em Angola é fonte de bastantes murmúrios, que se prendem com o enquadramento dos detentores deste mercado. Muitos destes intermediários compram ou obtêm água proveniente dos prestadores públicos, constituindo a única via de abastecimento em alguns bairros (Pereira, 2008).

Segundo "Caracterização do sector das águas em Angola"⁵, as taxas de acesso à água potável, não correspondem ao acesso a serviços de qualidade, pois os sistemas de abastecimento de água, não operam com a regularidade requerida, devida à falta de energia, deficiente gestão e à não realização de acções de manutenção oportunas. Tais restrições conduzem a uma oferta de água reduzida e para se inverter este quadro deve-se primar pela combinação de acções no âmbito político, com outras no domínio legal, institucional e organizativas, capazes de acomodar os aspectos acima referenciados, com vista a alcançar uma gestão eficiente e sustentável dos recursos hídricos em Angola.

³ Construção provida de uma ou mais bicas de onde flui água potável. Em geral situa-se nos locais públicos com o propósito de manter a humidade do ar e saciar a sede.

⁴ Os países Europeus têm um consumo médio diário e por pessoa entre 150 (Reino Unido) e 390 (Itália) litros. Já nos estados Unidos da América o valor sobe para 580 litros (PNUD, 2006).

⁵ Publicada com a resolução do conselho de Ministros nº 10/04.

Nas áreas suburbanas domina o mercado informal que, muitas vezes, oferece água de baixa qualidade com consequências nefastas para o orçamento familiar e para a saúde destas populações (IBEP, 2008). É de referir que o mercado informal da água surgiu devido à limitada capacidade dos sistemas públicos, que não conseguem satisfazer a procura das populações. A distribuição suburbana de água é realizada através de camiões-cisternas ou de consumidores particulares localizados em áreas servidas pela rede que, através de reservatórios, armazenam água para revenda (Diário da República de Angola sexta feira, 11/06/04).

2.2.1 Os recursos hídricos em Angola

A República de Angola encontra-se situada na costa ocidental do sul de África, com uma superfície de 1.276.700 km², e uma população de cerca de 14 milhões de habitantes.

O País possui uma rede hidrográfica rica e diversificada, comportando 47 Bacias hidrográficas direcionadas para cinco vertentes principais – Atlântica com 41% da superfície do País, Zaire (ou Congo) com 22%, Zambeze com 18 %, Okavango com 12 % e Etosha com 4 %. (Quadro 2.1). A vertente Atlântica compreende os rios os rios Chilungo, Zaire ou Congo, Bengo, Kwanza ou Cuanza, Queve ou Cuvo, Catumbela e Cunene. Os lagos e lagoas, menos numerosos, cobrem extensões de terreno relativamente pequenas. As características hídricas em Angola estão influenciadas pelo relevo do país.

A vertente do Zaire – no norte de Angola, com os rios Cuango, Cassai, e seus afluentes, Cuilo, Cambo, Lui, Tchicapa e Luachimo. À vertente do Zambeze pertencem os rios do Leste de Angola e também os afluentes do Zambeze, o Luena, Lungué-Bungo e o Cuando. A vertente do Kalahari possui muitos rios de regime intermitente de onde se destacam os rios Cubango e os afluentes do Cuchi e do Cuito. (MINEA,2006)

Segundo a FAO (2005), as águas superficiais disponíveis estimam-se em 4.598 m³/s, o que representa 10.300 m³/habitante/ano. A maior parte dos cursos de água provém da zona dos planaltos. Este escoamento superficial anual é um dos mais elevados da região Austral africana, e Angola fornece água a todos os países vizinhos com um volume estimado em 119 Km³/ano. Grande parte dos cursos de água é navegável por embarcações de pequeno porte, sendo o rio mais navegável o Kwanza com cerca de 1000 Km de extensão.

Quadro 2.1 - Principais Bacias Hidrográficas de Angola

Bacias Hidrográficas	Área em Km ²
Zaire	289.206
Cubango	156.122
Zambeze	148.377
Cuanza	147.157
Cuando	98.360
Cunene	94.003
TOTAL	933.225

Fonte: Anuário hidrológico, ano 1º Novembro de 2006.

De acordo com a FAO (2005), os recursos hídricos do país em águas subterrâneas estimam-se em 58 Km³/ano, sendo a parte comum entre as águas superficiais e águas subterrâneas avaliada em 55 Km³/ano. Os aquíferos mais importantes estão localizados em rochas sedimentares. Os poços, segundo o inventário de 1975, existem em quase todas as províncias, excepto no noroeste, situando-se a maioria no sudoeste do território, em zonas de fraca pluviosidade ou com escassez de fontes de água.

A exploração dos recursos subterrâneos é particularmente feita em algumas regiões, designadamente, as zonas áridas e semi-áridas do sudoeste, em área restrita do centro – Norte, (Malange e Bengo), algumas áreas específicas no litoral sul, (Lobito, Benguela, Namibe e Tômbua), e em Cabinda.

Registos feitos até 1993 indicam a construção de 1.559 poços tubulares, dos quais cerca de 92%, ou seja, 1.431, encontram-se construídos nas províncias da zona sul (Cunene, Huíla e Namibe) (Pestana, 2011).

No geral, existiam 2.840 pontos públicos de água, dos quais, em 1996, somente 42% estavam funcionais. Dados mais recentes apontam para o aumento das possibilidades de captura de águas subterrâneas, elevando para cerca de 90% contra os 42% existentes (Pestana, 2011).

Em termos de recursos hídricos partilhados, Angola encontra-se numa situação privilegiada, uma vez que está situada a montante da maioria dos seus rios internacionais, o que beneficia anualmente em cerca de 77km³ de escoamento superficial. Acresce o facto de o país possuir um volume anual de recursos hídricos renováveis de cerca de 158km³, apenas a República Democrática do Congo apresenta um volume anual superior (1.019 km³), o que contrasta com os demais países da região da SADC com disponibilidades hídricas anuais renováveis inferiores à 100 km³. De

realçar que na região da SADC, 70% da quantidade de água é partilhada, sendo o volume de água compartilhada por Angola de 778.8 km³ (Van-Dúnen, 2002).

2.2.2 Utilização da água

A gestão dos recursos hídricos em Angola até o Ano de 2002 era efectuada por várias instituições governamentais dispersas por vários ministérios, embora já existisse o Ministério da Energia e Águas (MINEA), não havia um instrumento que regulasse a actividade, o que dificultava a utilização racional dos recursos.

Em Junho de 2002, o Governo de Angola publicou o Decreto-lei N° 06/02 sobre as águas, atribuindo ao MINEA a tutela da gestão integrada dos recursos hídricos, tendo como unidade de Gestão a Bacia Hidrográfica. A Direcção Nacional de Águas é o Órgão do Ministério da Energia e Águas a quem compete realizar todas as actividades relacionadas com a gestão dos recursos hídricos a nível nacional. Os gabinetes de administração de bacias hidrográficas são as instituições que têm a responsabilidade de gerir os recursos hídricos de bacias hidrográficas a nível local ou regional.

Em Dezembro de 2004, o Conselho de Ministros aprovou o “Programa de Desenvolvimento do Sector das Águas”, para o período 2004-2016. O Plano de Acção do Programa visa beneficiar a população de Angola com o serviço de abastecimento de água potável e saneamento, aumentando os níveis de cobertura actuais de cerca de 45% para 85% até 2016, beneficiando cerca de 16 milhões de habitantes.

A lei das águas em Angola consagra a bacia hidrográfica como a unidade de gestão dos recursos hídricos. A nível internacional, o país está representado em Comissões de Estados de Bacia, adoptando também os princípios de Gestão Integrada dos Recursos Hídricos.

Tendo como objectivo não só a produção de energia eléctrica, mas, igualmente, a regularização de caudais para melhorar o fornecimento de energia, a irrigação de terras e o apoio à pecuária estão construídas onze barragens (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 – Principais barragens de Angola

BARRAGEM	PROVÍNCIA	ALTURA (m)	FINALIDADE
Quiminha	Bengo	42	Regularização, irrigação e energia eléctrica
Biópio	Benguela	13	Energia eléctrica
Lomaum	Benguela	15	Energia eléctrica
Cambambe	Malanje	88	Energia eléctrica
Cunje I	Bié		Energia eléctrica
Calueque	Kunene		Irrigação
Gove	Huambo	58	Regularização, irrigação e energia eléctrica
Matala	Huila	20	Energia eléctrica e irrigação
Mabubas	Bengo	40	Energia eléctrica
Luachinho	Lunda Sul	8	Energia eléctrica
Capanda	Malanje	110	Regularização, irrigação e energia eléctrica
Candjelas	Huila	30	Regularização e irrigação
Chicapa I	Lunda Norte	16	Energia eléctrica

Fonte: MINEA 2004

De referir dentre estas, a barragem de Cambambe, com uma produção de 180 MW e que serve a capital do país, apesar de ser insuficiente para as actuais necessidades. Está em curso a construção de nove barragens com os mesmos objectivos, das quais destaca-se a que se destina ao aproveitamento hidroeléctrico de Capanda, com uma potência prevista na ordem de 520 MW, projecto de grande impacto, tendo em conta o desenvolvimento económico e social de algumas províncias inseridas no “pacote” que constitui objectivo final do projecto, tais como Malange e Kuanza sul.

Todavia, considerando as reais possibilidades de produção, as infra-estruturas já existentes estão aquém da sua utilização normal, estimando-se que se vá aproveitar somente 4% da hidroenergia potencial. Estudos feitos apontam para a necessidade de mais cento e vinte e oito empreendimentos.

Em relação à utilização dos rios como meio de comunicação, não obstante a existência de pequenos troços navegáveis, não existe tradição de navegação fluvial, embora se façam alguns percursos utilizando embarcações de carácter tradicional.

Quanto ao abastecimento de água às populações, na maior parte das cidades angolanas as infra-estruturas de abastecimento de água estão obsoletas, quer em termos de estado físico quer em termos de capacidade de resposta. Em cidades onde funcionam redes de abastecimento de água, devido a rupturas nas redes de distribuição, a água da central de

tratamento volta a ser contaminada ao longo do percurso e assim, até chegar ao consumidor, torna-se imprópria para o consumo humano. Estima-se que cerca de 50% da população total angolana não tem acesso a fontes seguras de abastecimento de água (MINEA, 2004).

De acordo com a Direcção Nacional de Águas do Ministério da Energia e Águas (2004), existem em todo o país cerca de 3962 furos e cacimbas, dos quais 1683 estão equipados com bombas manuais. Destes, 78% estão operacionais, 18 % estão inoperacionais e 4 % estão em situação deficiente. Verificou-se que existem 1484 chafarizes controlados no país sendo o principal problema a falta de água seguido da falta de pressão. A maior parte dos chafarizes funcionam deficientemente devido à falta de drenagem ou à sua apresentação deficiente.

A responsabilidade pelo abastecimento de água à população a nível nacional é do MINEA, representado localmente pelas Direcções Provinciais. Existem concessionárias, como é o caso da EPAL (Empresa Pública de Abastecimento de Água de Luanda), responsável pelo abastecimento de água à capital. Para tal, a EPAL presta serviços ao Governo Provincial de Luanda, contando como fontes principais de fornecimento de água a captação de Kifangondo e de Kikuxi. A água é bombeada para a central de tratamento de Kikuxi e Marçal, que depois de tratada vai para os tanques elevados do Cazenga, Maianga, Luanda Sul e Golfe, de onde é distribuída na rede pública para diversos consumidores da cidade, que são todavia uma pequena percentagem da população residente.

A maior parte da população urbana em Angola não é servida pela rede pública, tendo como alternativa, o abastecimento por camiões cisternas que são, por sua vez, abastecidos a partir de centros de abastecimento ligados à rede pública (oficiais ou informais), a partir de ligações clandestinas, ou mesmo directamente a partir de rios. Esta água é na maior parte das vezes não tratada, armazenada em reservatórios sem condições de higiene e limpeza adequada, para além de que, em muitos casos, se situam próximos de fossas sépticas e poços absorventes.

De acordo com o MINEA (2006), uma outra fonte de abastecimento de água, muito comum nas cidades do interior, é o recurso à água subterrânea. Nas províncias do Sul de Angola, a população recorre muitas vezes à água das chuvas acumulada nas chimpacas (pequenas barragens) que ao mesmo tempo servem de fontes de abeberamento para o gado.

Nas aldeias, zonas rurais e suburbanas, usam-se reservatórios escavados (cacimbas) e a água é directamente consumida sem qualquer tratamento sendo factor de doenças provocadas por bactérias nocivas ao homem. A falta de qualidade deste precioso líquido em Angola provoca doenças e a morte de cidadãos.

O objectivo principal da fase prioritária no sector de águas e saneamento é o de proporcionar à população as condições básicas de habitação, possibilitando o acesso a estes serviços às populações mais afectadas pela guerra nos principais centros urbanos e áreas rurais. Desta forma visa-se controlar tanto, quanto possível a propagação de epidemias transmissíveis pela falta de acesso a água potável e condições de higiene tais como a cólera (MINEA,2004). O tratamento das águas deverá ser feito em estações vocacionadas para o efeito, que transformam a água dos rios em água potável.

Relativamente ao abastecimento de água, o Governo determina ainda que sejam tomadas as medidas necessárias para garantir que as populações pobres das áreas urbanas e suburbanas tenham acesso a um consumo médio diário de 15 litros por dia per capita. Nas zonas rurais o objectivo do Governo era aumentar o acesso ao consumo de água potável de 15 para 30 por cento até 2005.

2.2.3 Os perímetros irrigados

Segundo Gomes (2009), os perímetros irrigados são sistemas de irrigação e drenagem feitos ou reabilitados e modernizados, compreendendo as suas estruturas a captação, armazenamento e distribuição da água até às parcelas, garantidas inicialmente pelo Estado e cuja gestão fica sob responsabilidade da Sociedade Gestora de Perímetros Irrigados (SOPIR).

O período de guerra em que o país esteve submerso dificultou o desenvolvimento de novos perímetros irrigados não tendo permitido igualmente a realização adequada da operação de manutenção da infra-estrutura de rega e drenagem existentes, e como consequência a maior parte dos perímetros conheceu um elevado grau de degradação centrado sobretudo na:

- falta de manutenção da infra-estrutura de uso comum (diques, derivações, canais , drenos, estações de bombagem);
- não renovação de equipamentos obsoletos;
- falta e/ou deficiências da organização da operação e manutenção;

- orçamentos deficientes para a conclusão de obras civis e estruturas hidráulicas.

Porém, o Governo Angolano desde 2002 tem chamado a si a tarefa da reabilitação de vários perímetros irrigados, tal como mostra o Quadro 2.3:

Quadro 2.3: Perímetros Irrigados reabilitados

Perímetros	Área em ha	Província
Caxito	3600ha	Bengo
Luenha	48800ha	Moxico
Ngandjelas	6220ha	Huíla
Matumbo	5600ha	Kuanza Sul
Matala	164ha	Huíla
Missombo	1200ha	Kuando Kubango

Fonte: Adaptado pelo autor a partir dos dados da SOPIR (2009)

Os beneficiários destes perímetros irrigados são em geral pequenos e médios agricultores detentores de parcelas com 2,5 – 5,0 e 25 ha.

Para Gomes (2009) o modelo de gestão dos perímetros irrigados assenta na constituição de uma Sociedade Gestora, participada pela SOPIR e pelos produtores adjudicatários de parcelas de terreno na área do perímetro, bem assim como outros interessados, tais como agro- indústrias e outras entidades circunvizinhas.

A SOPIR é uma empresa constituída por capitais públicos e regida pelas leis das Sociedades Comerciais, a quem compete a gestão e supervisão dos perímetros irrigados estabelecidos ou a estabelecer pelo Estado angolano, através da celebração de contratos de exploração a celebrar com entidades privadas, conducentes ao pleno aproveitamento das terras para a produção agrícola intensiva.

2.2.4 Irrigação em Propriedades Privadas

Trata-se de agricultores que utilizam dentro das suas propriedades sistemas de irrigação os mais variados possíveis, que incluem várias modalidades:

- 1) barragens nos rios, e utilização de canais de terra,
- 2) derivação de rios, cacimbas e utilização de pequenas motobombas,
- 3) impulsão directa de rios e/ou lagoas e irrigação por aspersão ou a utilização de *pivot's* de rega.

Segundo o MINADER, a irrigação privada é principalmente desenvolvida à beira das fontes de água no planalto central (Províncias de Luanda, Bengo, Cuanza Sul e parte das províncias de Benguela e Huila). Gomes (2009) no seu trabalho sobre o potencial da irrigação em Angola, afirma que algumas das zonas que irrigam a partir de fontes superficiais com pequenas motobombas apresentam problemas de renovação de equipamentos.

Na região Sudoeste, grande parte dos esquemas de irrigação é abastecida a partir de águas subterrâneas mediante poços tubulares e cacimbas. Os projectos de irrigação privados médios e grandes têm a sua própria dinâmica de concepção e implantação. Em geral, têm as seguintes características:

- São implantados de acordo com projectos técnicos bem concebidos;
- Utilizam tecnologias modernas de irrigação;
- São utilizados recursos financeiros próprios ou da banca privada;
- Têm organização própria de gestão técnica, produtiva e operacional;
- Estão dirigidos para produtos mais rentáveis, principalmente hortaliças e frutas;
- A produção primária é reutilizada noutros empreendimentos agregando-lhes valor;
- Realizam directamente a comercialização dos seus produtos possuindo camiões e rede de distribuição.

2.2.5 Pequenos esquemas de irrigação e regadios tradicionais

Os pequenos esquemas de irrigação constituem um segmento especial dos projectos de irrigação devido ao envolvimento de um grande número de famílias rurais, à sua implantação estar consolidada localmente e por apresentarem características específicas. Os pequenos regadios tradicionais ou informais compreendem a irrigação de parcelas, em geral pequenas, em que o agricultor detém o controlo das actividades e faz uso de uma tecnologia que domina, sendo capaz de os utilizar, manter e reparar. Exemplo são os sistemas de cultivo das “nakas” ou das zonas marginais das lagoas, onde não se verificam intervenções de entidades externas.

Os esquemas de pequena irrigação na forma mais rudimentar podem ser um desvio parcial das águas do curso do rio, encaminhando-as para uma vala de modo a que a área a beneficiar seja envolvida por simples esquemas de rega por gravidade e como tal

envolvem um reduzido investimento por unidade de superfície. Estes sistemas de irrigação estão dispersos pelo país, estão muitas vezes associados aos sistemas de produção de sequeiro, são responsáveis pela produção de grãos e hortícolas para o consumo da família rural e uma das suas maiores fragilidades é a comercialização dos produtos.

Os regadios tradicionais ou informais são um veículo de desenvolvimento rural por envolverem muitas famílias, terem baixo custo de investimento, usarem tecnologias simples e não requerem sistemas dispendiosos e complicados sistemas de gestão, por isso apresentam consideráveis vantagens em relação aos grandes esquemas de irrigação.

2.3 Contributo da irrigação para o desenvolvimento económico e social Angola

Segundo o Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (MINADER, 2004), a prática da irrigação data de tempos longínquos e a sua história confunde-se muitas das vezes com a do desenvolvimento agrícola e da prosperidade económica de um povo.

A luta mundial pelo combate à fome é um incentivo à agricultura irrigada, pois esta permite o crescimento da produtividade das culturas. Da área total cultivada no mundo, cerca de 1/6 é irrigada e é responsável por 1/3 da produção integral de alimentos (Gomes, 2009).

Angola possui um valioso potencial de recursos naturais de boa qualidade e uma densa rede hidrográfica capaz de potenciar o desenvolvimento da irrigação, contribuindo deste modo para a estabilização da agricultura e a diversificação da economia nacional através da produção de toneladas de grãos, hortaliças, fruteiras e produtos industriais (Diniz e Aguiar, 1968).

Para Gomes (2009) a irrigação assume um importante papel no processo de relançamento económico de Angola e é uma actividade prioritária para a segurança alimentar e redução da pobreza no meio rural. As vantagens resultantes do recurso a irrigação ao nível da agricultura familiar incluem:

- Acrescer as produções unitárias por hectare;
- Aprimorar as condições de vida das famílias rurais;
- Acelerar a passagem da agricultura de subsistência para uma agricultura comercial orientada para o mercado;

- Permitir o cultivo de uma gama diversificada de culturas melhorando nutricionalmente a dieta familiar.

A irrigação é uma alternativa se associada a outras práticas agrícolas adequadas, como o uso de fertilizantes e sementes de boa qualidade, pode representar uma mudança significativa no modo de vida dos produtores familiares.

Angola dispõe de infraestruturas de irrigação em sistemas privados de pequena irrigação e em perímetros públicos de irrigação de aproximadamente 125.000 hectares que estão a ser objecto de projectos de reabilitação e modernização (Gomes, 2009).

Em resumo, o desenvolvimento de projectos hidro-agrícolas concentra-se nas regiões climáticas consideradas como tropical desértico, tropical seco e tropical semi-húmido, sendo que nesta última região a irrigação é de carácter complementar. Quanto aos perímetros onde se desenvolve a irrigação, distinguem-se três modelos de desenvolvimento de projectos de irrigação: perímetros irrigados de iniciativa pública, áreas irrigadas em propriedades privadas e ainda os pequenos regadios tradicionais.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

3.1 Modelos de programação Matemática na agricultura

Os modelos de programação matemática são aplicados à economia agrícola há mais de 60 anos, revelando-se um instrumento de análise extremamente útil. Ao longo destes anos, e sobretudo nos últimos 30 anos, têm-se verificado avanços metodológicos com a preocupação de incorporar nos modelos de programação matemática a teoria e a realidade económica, tornando-os um instrumento de análise muito flexível e adaptável a diferentes situações da realidade agrícola (Hazell e Norton, 1986).

A programação matemática em agricultura teve a sua origem na tentativa de modelar a economia da produção agrícola. Todos quantos trabalham na actividade agrícola, desde os agricultores aos técnicos, têm uma forma comum de pensar sobre *inputs* e *outputs* agrícolas em termos do ciclo cultural anual, e sobre os coeficientes *input-output* por hectare ou por unidade de área de terra. As produções são concebidas em toneladas por unidade de terra, as aplicações de fertilizante em kgs por hectare, etc. Ao nível da exploração, os custos dos *inputs* desagregam-se habitualmente em trabalho, tracção, tracção animal, custos de fertilizantes, custos de outros produtos químicos, custos do crédito, etc. por unidade de terra. Esta forma de visualizar a produção agrícola ajuda a construção de colunas de *inputs* e de *outputs* que constituem a coluna dorsal da programação matemática.

Também agricultores e agrónomos colocam os seus problemas em termos de restrições de desigualdade, tais como limites superiores à disponibilidade sazonal de um factor. Em determinados períodos do ano um factor pode não ser completamente utilizado, enquanto noutra poderá ser integralmente consumido. Esta forma de construção dos problemas ajusta-se aos modelos de programação matemática.

Os modelos de programação matemática fornecem um modo prático de ordenar a informação quantitativa do lado da oferta agrícola, tanto ao nível da exploração como ao nível sectorial.

Estes modelos também possibilitam análises de sensibilidade, permitindo determinar, ao nível da exploração, as implicações de diferentes níveis de disponibilidade dos recursos, de diferentes condições de mercado, de novas tecnologias.

A programação linear é uma técnica de optimização (maximização ou minimização) nos quais a função objectivo e as restrições são lineares. Por função objectivo entende-se a expressão Matemática que relaciona as variáveis de decisão e o objectivo que se quer atingir. Em geral as restrições representam limitações de recursos disponíveis ou certas condições que os problemas devem cumprir.

A programação linear foi uma das primeiras ferramentas quantitativas da investigação, quando, Abraham e Cooper (1961), verificaram o poder dessa ferramenta para resolver problemas da teoria económica e a tomada de decisão na agricultura.

Para Júnior (2011), nos perímetros irrigados em que diversas culturas em diferentes épocas de irrigação competem por uma quantidade limitada de água, a programação linear tem um papel crucial na afectação óptima deste recurso e permite ainda maximizar o lucro do produtor nas áreas irrigadas.

3.2 Caracterização da área de estudo

A área de estudo faz parte do Perímetro de Rega do Vale de Caxito, que se situa na Província do Bengo, a 45 km de Luanda, na direcção nordeste do território angolano, entre as latitudes 8° 33` S e 8° 37` S e as longitudes 13° 32` E e 13° 42` E. A área abrange cerca de 3.641 ha, estando limitada ao norte pelo Canal de Drenagem Sassa que se inicia nas proximidades e a jusante da Barragem Mabubas e segue para oeste paralelamente ao Rio Dande. O limite sul é definido pelo canal de irrigação de Caxito com 21,731 km de extensão, que conduz, gravitariamente, a vazão máxima de 3,87 m³/s, derivada do rio Dande, com captação a jusante da Barragem de Mabubas. Esta barragem melhorou a protecção contra cheias. A oeste, a área é delimitada por uma estrada em aterro (dique, com revestimento primário) no sentido aproximado norte-sul. A leste, o limite é formado pela ponte sobre o rio Dande, na rodovia que une as cidades de Luanda, Quibaxe e Uige, passando por Caxito.

A exploração empresarial agrícola das terras marginais do rio Dande teve início no final dos anos 40 do século passado com a exploração da cana-de-açúcar. Para o efeito, dadas as características do vale aluvionar de Caxito, susceptível a inundações, construíram-se importantes obras de regularização fluvial para permitir o desenvolvimento da agricultura e a instalação das populações em condições de segurança.

De acordo com Russo *et al.* (2011), após a independência de Angola, a produção açucareira estagnou, tendo-se reduzido drasticamente toda a actividade agrícola, e em particular o regadio. Quase todo o sistema hidráulico foi-se degradando progressivamente. A partir dos anos 80 foram desenvolvidos vários estudos com vista à reabilitação das obras e ao relançamento da agricultura de regadio na região. Só após 2002, e aproveitando linhas de crédito estrangeiras, foi possível concretizar as tão esperadas obras de reabilitação e modernização do Perímetro Irrigado de Caxito, estando, finalmente, criadas as condições para relançar a actividade socio-económica da província do Bengo (Jornal de Angola, 2008).

3.2.1 Características gerais da região do Perímetro de rega do Caxito

A zona integra-se quase totalmente na região semiárida (D) e árida (E) do litoral angolano e possui um clima megatérmico de acordo com a classificação de Thornthwaite. As médias da humidade relativa são muito elevadas ao longo do ano, atingindo os valores máximos na época seca. Durante a estação das chuvas a precipitação pode variar entre os 350 mm no litoral e os 700 mm no interior, caracterizando-se a sua distribuição por apresentar uma enorme variabilidade. A temperatura média anual oscila entre os 25° e 26° , sendo o interior mais quente. A insolação é baixa. Na classificação climática de Koppen, a zona é em grande parte de clima seco de estepe, muito quente (BSh') (Diniz, 1973).

De acordo com Diniz (1973 e 1998), morfologicamente a zona é parte integrante da peneplanície litorânea, que se estende de norte a sul do território, desde a costa até aos primeiros contrafortes montanhosos. O relevo é em geral ondulado suave, ou tipicamente ondulado nalgumas áreas, descaindo em pronunciadas arribas para o Atlântico. A descontinuidade da plataforma deve-se unicamente à acção dos cursos dos rios que rasgaram vales largos e profundos dando lugar a extensas planícies fluviais. A zona abrange ainda a faixa subplanáltica, superfície intermédia que marca a transição para o interior planáltico, com altitudes médias compreendidas entre os 400 e os 600 m, onde se erguem frequentemente formas residuais de relevo.

Sob o ponto de vista geológico podem considerar-se duas grandes unidades: uma que engloba as formações rochosas e cristalinas, e outra que corresponde ao conjunto

sedimentar. A quase totalidade deste conjunto de origem marinha e continental engloba-se na Bacia Sedimentar do Cuanza.

Relativamente aos solos, constata-se a existência duma estreita correlação entre as principais unidades-solo e os materiais litológicos de que derivam, existindo uma grande variabilidade de tipos de solo. No aspecto textural encontram-se representados tanto os solos grosseiros como os de texturas finas. Na zona podem encontrar-se solos aluvionais fluviais ao longo dos principais rios, solos musseque de textura grosseira e profundos que estão em correspondência com as superfícies sobrelevadas de sedimentos quartzosos do Plistocénico, barros negros e barros pardos de textura pesada em correspondência com as áreas aplanadas ou de depressão de vale ou em situações de encosta, solos arídicos tropicais de texturas médias com maior representação a norte do Dande em correspondência com situações de relevo aplanado ou suavemente ondulado, solos calcários pardos de texturas finas com boa representação entre o Dande e o Cuanza correlacionados com materiais calcários do Cretácico e do Eocénico, solos fersialíticos tropicais que são os mais representativos da zona agrícola e que se correlacionam com as formações de rochas cristalofílicas gnáissicas ou granito-gnáissicas do Maciço Antigo e com rochas gresosas do Cretácico inferior, solos ferralíticos e paraferalíticos já numa área marginal com maiores precipitações, litossolos associados a afloramentos rochosos de fraca espessura assentes em substrato rochoso a pequena profundidade associados a material pedregoso (Diniz, 1973).

Nesta zona agrícola ocorrem distintos agrupamentos vegetais quase todos denotando xerofitismo mais ou menos acentuado devido à fraca precipitação anual. Podem destacar-se galerias florestais edáficas que são formações de floresta sempervirente que revestem as orlas marginais dos cursos de água, ou o fundo de vales muito estreitos, o mato brenhoso alto e formações florestais secas, que caracterizam especialmente os solos calcários pardos e os fersialíticos, é constituído por vegetação densa de árvores e arbustos com dominância de espécies de folha caduca, os balcedos de *Strychnos ligustroides*, formação com aspecto de mato cerrado específica dos solos musseque, as savanas com arbustos e árvores (*Andansonia*, *Sterculia*, *Acacia*) que revestem as mais extensas superfícies da zona, ligadas a solos fersialíticos argiláceos e a solos arídicos tropicais, com um estrato herboso denso e de porte médio a alto, a savana herbosa de *Setaria welwitschii* nos solos de texturas pesadas, principalmente os barros e solos afins, as formações estépicas com *Hyphaene gossweileri* em superfícies aplanadas e mais

arrimadas à costa marítima correspondentes a solos grosseiros de musseques, os prados palustres nas superfícies baixas dos principais rios, de extensões apreciáveis correspondendo a pradarias graminosas (Diniz, 1973).

De acordo com o MINADER (2007), esta zona agrícola insere-se na região agrícola I que corresponde às zonas litorais de baixa altitude, com economia assente na agricultura e na pesca. A cultura principal é a mandioca, complementada pelo milho nas zonas de solos mais pesados, pelo palmar nas galerias e pela pesca artesanal, tanto nas águas interiores como na costa marítima. Uma vez que esta zona envolve áreas cuja utilização agrícola é limitada pela falta de água ao longo do ano, não só pela reduzida precipitação mas também pela grande variabilidade da sua distribuição, quando ocorram solos férteis é de preconizar o uso generalizado do regadio (Diniz, 1998)

3.3 O modelo de programação linear utilizado para o perímetro de rega do Caxito

O objectivo desta dissertação é a determinação do preço da água para uso eficiente desta na agricultura de irrigação.

Numa exploração agrícola as diferentes actividades vegetais competem entre si pelo uso de determinados recursos, como sejam a mão de obra, a tracção, e no caso da agricultura de regadio pela água de rega.

Ao fazer a formulação matemática do modelo assume-se que o agricultor tem por objectivo a maximização do lucro, a partir de um conjunto finito de processos produtivos n , representando cada um, uma combinação particular de factores de produção usada para produzir a actividade unitária. Os agricultores actuam em mercados competitivos para os produtos e os factores de produção.

A formulação do modelo para a exploração em causa é dada por:

$$Max Z = \sum_j p_j P_j - ptT - pmM - CA - CV \quad (1)$$

sujeito a

Restrições de utilização da terra :

$$\sum_j X_j \leq bs \quad (2)$$

Restrições de balanço das culturas :

$$-r_j X_j + P_j \leq 0 \quad (3)$$

Restrições de utilização de tracção mecânica :

$$\sum_j at_j X_j - T \leq 0 \quad (4)$$

Restrições de utilização de mão de obra :

$$\sum_j am_j X_j - M \leq 0 \quad (5)$$

Restrição relativa ao consumo de água pelas culturas :

$$\sum_j h_j X_j - AG \leq 0 \quad (6)$$

Restrição relativa ao custo da água :

$$\sum_j thX_j - CA \leq 0 \quad (7)$$

Restrição relativa ao apuramento dos outros custos variáveis :

$$\sum_j pv_j X_j - CV \leq 0 \quad (8)$$

Condições de não negatividade

$$P_j, X_j \geq 0 \quad (9)$$

Neste modelo as variáveis são:

X_j – área ocupada pela cultura j em hectares

P_j – rendimento da cultura j em kg

T – aluguer de tracção em horas

M – contratação de mão de obra em UHT

AG – consumo total de água pelas culturas em milhares de m^3

CA – custo total da água em milhares de Kz

CV – outros custos variáveis em milhares de Kz.

Os parâmetros do modelo são:

p_j – preço da cultura j em milhares de Kz/kg

pt – preço da tracção em milhares de Kz/hora

pm – preço da mão de obra em milhares de K/UHT

r_j – produtividade da cultura j em kg/ha

at_j – necessidades unitárias de tracção da actividade j , em horas por hectare

am_j - necessidades unitárias de mão de obra da actividade j , em UHT por hectare

h_j - necessidades unitárias de água da actividade j , em milhares de m^3 por hectare

th – tarifa de regadio aplicada à actividade em milhares de Kz por hectare

pv_j – outros custos variáveis da actividade j em milhares de Kz por hectare

bs – disponibilidade de terra em hectares.

A função objectivo (1) traduz a maximização da margem bruta total da exploração em milhares de Kz, e é dada pela soma dos valores das várias produções vegetais deduzido dos custos variáveis das actividades.

As restrições (2) definem a utilização da terra. A terra é desagregada por unidades de utilização e por épocas de colheita, e permite-se a transferência de terra entre unidades de utilização. Cada equação reflecte as necessidades de terra das várias actividades vegetais.

As restrições de balanço das culturas (3) fazem o balanço, para cada actividade, entre a área cultivada e a produtividade da cultura.

As restrições (4) e (5) referem-se à utilização de tracção mecânica e mão de obra, respectivamente, pelas actividades produtivas. São elaboradas de modo a garantirem a satisfação das necessidades das actividades vegetais ao longo do ano e a apurarem o consumo total desses dois factores produtivos.

A restrição relativa ao consumo de água pelas culturas (6) contempla as necessidades unitárias de água das actividades e permite determinar a quantidade total de água necessária para garantir o plano cultural óptimo.

Já a restrição (7) permite apurar o custo total da água. A restrição (8) apura os restantes custos variáveis da exploração.

O modelo anterior pressupõe uma tarifa de regadio aplicada à actividade (milhares de Kz por hectare), que traduz a situação actual.

Para as diferentes simulações de tarifas da água (tarifas volumétricas fixa e variável), o modelo precisa de sofrer alguns ajustamentos, que serão devidamente especificados no capítulo da análise de resultados.

3.4 Organização dos dados, construção e validação do modelo

Este ponto descreve o processo seguido na construção empírica do modelo para a exploração em análise.

A colheita dos dados necessários para a construção do modelo foi feita por inquérito à empresa agrícola, no caso a AGROLÍDER.

3.4.1 Terra

Na elaboração do modelo de programação linear para a exploração levou-se em consideração as actividades culturais actualmente praticadas, nomeadamente feijão, cebola, alho, tomate e banana.

A área total da exploração é de 200 hectares com 177,5 hectares úteis, ocupados da seguinte forma:

- Fruteiras (Banana) - 77% da área total da parcela (137ha)
- Solanáceas (Tomate) - 17% da área total da parcela (30ha)
- Aliáceas (Alho, Cebola) – 3% da área total da parcela (5,5ha)
- Leguminosas (Feijão) - 2.9% da área total da parcela (5ha)

Qualquer uma destas culturas, à excepção da banana, permite a obtenção de 2 colheitas por ano, pelo que se consideraram para cada uma das actividades 2 épocas.

A bananeira como cultura permanente tem uma fase de instalação, tendo-se considerado apenas o ano cruzeiro para esta actividade, ou seja o ano em que a cultura já está em plena produção.

Foram consideradas duas unidades de utilização do solo, 1 e 2, a 1 para as culturais anuais, com uma área total de 40,5 hectares, e a 2 para a banana, com a área de 137 hectares.

Na Tabela 3.1 apresentam-se as unidades de utilização da terra propostas e culturas associadas e códigos associados a estas.

Tabela 3.1 – Actividades no modelo e respectivos códigos

Unidade de Utilização	Actividade cultural	Código	
		Área	Produção
1	Feijão 1ª época	Feij1	ProFeij1
	Cebola 1ª época	Ceb1	ProCeb1
	Alho 1ª época	Alh1	ProAlh1
	Tomate 1ª época	Tom1	ProTom1
	Feijão 2ª época	Feij2	ProFei2
	Cebola 2ª época	Ceb2	ProCeb2
	Alho 2ª época	Alh2	ProAlh2
	Tomate 2ª época	Tom2	ProTom2
2	Banana	Ban	ProdBan

3.4.2 Tracção, mão-de-obra

Admitiu-se que toda a tracção utilizada na exploração é alugada e que a mão-de-obra é temporária portanto contratada à medida das necessidades. Deste modo, estão presentes no modelo actividades de aluguer de tracção e de contratação de mão de obra.

Para construir as restrições relativas às necessidades de tracção e de mão de obra definiram-se, para cada uma das épocas culturais, períodos de tempo nos quais conjuntos de operações culturais podem ser executados. Para cada uma das épocas, o período 1 diz respeito às operações de preparação do terreno das culturas; no período 2 fazem-se as sementeiras e as plantações, as mondas, os amanhos culturais e as adubações de cobertura; o período 3 destina-se à colheita.

Nas Tabelas 3.2 e 3.3 são apresentadas, por período e por época cultural, as necessidades de tracção e de mão-de-obra, respectivamente, para as actividades vegetais consideradas, calculadas de acordo com os itinerários tecnológicos de cada uma dessas mesmas actividades.

Tabela 3.2 – Necessidades de tracção por hectare

1 ^a Época	Cultura	Feijão	Cebola	Alho	Tomate	Banana
Período 1						
Preparação do terreno		3,5	5	5	4	-
Período 2						
Sementeira, Plantação, amanhos		3	3,5	3,5	3,5	2,5
Período 3						
Colheita		1	2	2	-	-
2 ^a Época						
Período 1						
Preparação do terreno		3,5	5	5	4	-
Período 2						
Sementeira, Plantação, amanhos		3	3,5	3,5	3,5	2,5
Período 3						
Colheita		1	2	2	-	-
Colheita Banana		-	-	-	-	16

Tabela 3.3 – Necessidades de mão de obra por hectare

1 ^a Época	Cultura	Feijão	Cebola	Alho	Tomate	Banana
Período 2						
Sementeira, Plantação, amanhos		-	19	19	9	-
Período 3						
Colheita		10	10	10	20	-
2 ^a Época						
Período 2						
Sementeira, Plantação, amanhos		-	19	19	9	-
Período 3						
Colheita		10	10	10	20	-
Colheita Banana		-	-	-	-	20

3.4.3 Água

As necessidades hídricas no período vegetativo das culturas são as seguintes:

Banana - 1200-2200mm; Tomate-400-600mm; Alho e Cebola) – 350-550 mm; Feijão-350-500mm, tendo-se considerado na construção do modelo o valor médio destas necessidades para cada cultura.

3.4.4 Rendimentos e encargos

De acordo com Hazell e Norton (1986), no uso da programação linear os pressupostos da aditividade e da proporcionalidade têm de ser satisfeitos para garantir a linearidade das actividades.

As actividades dizem-se aditivas quando o produto total de duas ou mais actividades for a soma dos seus produtos individuais, ou seja não são permitidos efeitos de interacção entre elas.

Relativamente à proporcionalidade assume-se que a margem bruta e as necessidades dos factores de produção por unidade de actividade são constantes independentemente do nível de actividade praticada. Como os encargos fixos comuns e os fixos específicos não proporcionais à dimensão da produção não entram no cálculo da margem bruta, existe uma rigorosa proporcionalidade entre a margem bruta e o nível da actividade. A margem bruta não é mais do que a diferença entre a produção bruta e os encargos variáveis.

A estrutura de custos a considerar no modelo depende do seu enquadramento no tempo (Marques, 1988). Um modelo de curto prazo inclui apenas custos variáveis. Já um modelo de longo prazo, assumindo a optimização dos ajustamentos no longo prazo, implica a consideração de todos os custos dos factores de produção.

Tomando o lucro como o excedente da margem bruta sobre os encargos fixos comuns, no curto prazo, durante uma campanha agrícola, para aumentar o lucro bastará aumentar a margem bruta.

O modelo a utilizar é um modelo de curto prazo pelo que a função objectivo corresponde a uma maximização da margem bruta total da exploração, sendo constituída pela diferença entre o somatório dos produtos brutos das actividades e o somatório dos diferentes encargos variáveis.

A produção bruta de uma cultura foi considerada como correspondendo à venda da sua produção, obtida durante um ciclo aos preços de mercado do ano base (2010/2011), na ocasião normal da venda.

Os encargos variáveis das actividades vegetais incluem os gastos com sementes, plantas, adubos, fitofármacos, água de rega, custos com o aluguer de tracção e contratação de mão-de-obra.

A Tabela 3.4 apresenta os diferentes encargos e rendimentos das actividades consideradas no modelo.

Table 3.4 – Encargos e rendimentos das actividades incluídas no modelo

Cultura	Produção (kg/ha)	Preço (Kz/kg)	Custo da tracção (Kz/h)	Custo da mão de obra (Kz/UHT)	Custo da água (Kz/ha)	Outros custos variáveis (Kz/ha)
Feijão	2500	100	3500	6500	600	41.800
Cebola	15.000	75	3500	6500	600	558.700
Alho	6000	200	3500	6500	600	399.700
Tomate	7000	100	3500	6500	600	241.300
Banana	20.000	60	3500	7000	600	420.183,48

3.4.5 Construção e validação do modelo

Com base no exposto nos pontos anteriores construiu-se um modelo de programação linear que se ajustasse o melhor possível à realidade.

O modelo compreende 35 variáveis e 33 restrições.

Um modelo de programação matemática deverá ser sempre validado após a sua construção. As soluções de um modelo para serem credíveis deverão reproduzir a situação que se quer representar de uma forma bastante aproximada.

Numa primeira fase, a validação de um modelo passa pela verificação da coerência dos resultados obtidos. Na maior parte dos casos, um modelo é julgado inválido devido a dados inconsistentes, cálculos errados dos coeficientes, má colocação dos coeficientes, estrutura incompleta ou função objectivo não apropriada. Desde que um modelo falhe na validação é necessário reespecificação dos dados e/ou correcção estrutural.

Os resultados do modelo para a tarifa da água ao hectare actualmente praticada e os valores reais observados respeitantes à área cultivada são apresentados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Resultados do modelo e valores observados (2010/11) para a ocupação cultural

Actividades (hectares)	Resultados do modelo	Valores observados
Banana	137	137
Feijão	5,25	5,25
Tomate	30	30
Cebola	2,625	2,625
Alho	2,625	2,625

Da sua observação pode verificar-se que toda a terra disponível é cultivada e que os resultados do modelo coincidem com os valores observados em termos de área ocupada para as diferentes culturas.

Tabela 3.6 – Preços sombra da terra

Unidade de utilização	Área (hectares)	Preço sombra (milhares de Kz por hectare)
Unidade de utilização 1	40,5	254,64
Unidade de utilização 2	137	565,72

A unidade de utilização 1 é usada para as culturas do feijão, da cebola, do alho e do tomate. A unidade de utilização 2 é ocupada pela banana, estando a sua valorização mais elevada relacionada com a elevada produtividade da cultura (Tabela 3.6).

Solução do problema

Para dar solução ao modelo estabelecido de Programação Linear com 35 variáveis e 33 restrições, utilizou-se o *software* LINDO (*Linear Interactive and Discrete Optimizer*, 1996) que tem a função de resolver sistemas de equações lineares com ajuda do algoritmo iterativo Simplex.

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados dos modelos correspondentes à situação actual e aos vários cenários de aplicação de tarifas à água de rega.

Inicialmente faz-se a análise e a discussão dos resultados individualmente para cada um dos cenários simulados. Posteriormente, comparam-se os diferentes cenários de tarifas de água de rega.

4.1 Cenários

Os cenários testados para avaliar os efeitos das políticas de tarifação de água no perímetro em estudo são: tarifa volumétrica simples (TVS), tarifa volumétrica variável (TVV), e tarifa fixa por superfície (TFS). Este último método, método de tarifação da água não volumétrico, é um método com grande facilidade na sua aplicação, enquanto que os outros dois métodos volumétricos são métodos que levam em conta a justiça na sua aplicação.

Em cada um dos cenários analisaram-se os parâmetros mais significativos do ponto de vista das actividades agrícolas e dos impactos socioeconómicos e ambientais.

Relativamente às actividades agrícolas apresentam-se as variações nos níveis das actividades ocorridas devido à aplicação das tarifas.

O impacto económico é analisado através da receita total da aplicação da tarifação da água, e ainda o seu impacto na margem bruta total da empresa.

Do ponto de vista social, analisa-se a quantidade de mão-de-obra total utilizada para os diferentes cenários.

O impacto ambiental é analisado em termos de consumo de água.

4.2 Método com tarifa fixa por superfície

A tarifa fixa por superfície corresponde à aplicação de um preço fixo por unidade de área, independentemente da cultura e da quantidade de água utilizada/recebida. É um método mais simples e mais barato de aplicar, que promove a equidade vertical, ou seja maiores explorações com maiores áreas irrigadas pagam mais do que os pequenos

agricultores. Contudo, trata-se de um método que não incentiva os agricultores à poupança de água. Na situação actual, esta tarifa corresponde a 600 Kz/hectare (modelo em anexo 2).

Com a aplicação deste método verifica-se uma grande rigidez na ocupação cultural, e consequentemente, no consumo da água e na quantidade de mão de obra utilizada, como se pode verificar pelas figuras 4.1, 4.2 e 4.3.

A composição da ocupação cultural da área da empresa revela-se muito estável até aos 256 milhares kz/hectare, com a banana a ocupar 77% da área (137 ha), o tomate com 17% da área (30 ha), a cebola e o alho com 2% (2,625 ha cada uma das culturas) e o feijão com 3% da área (5,25 ha) (Figura 4.1).

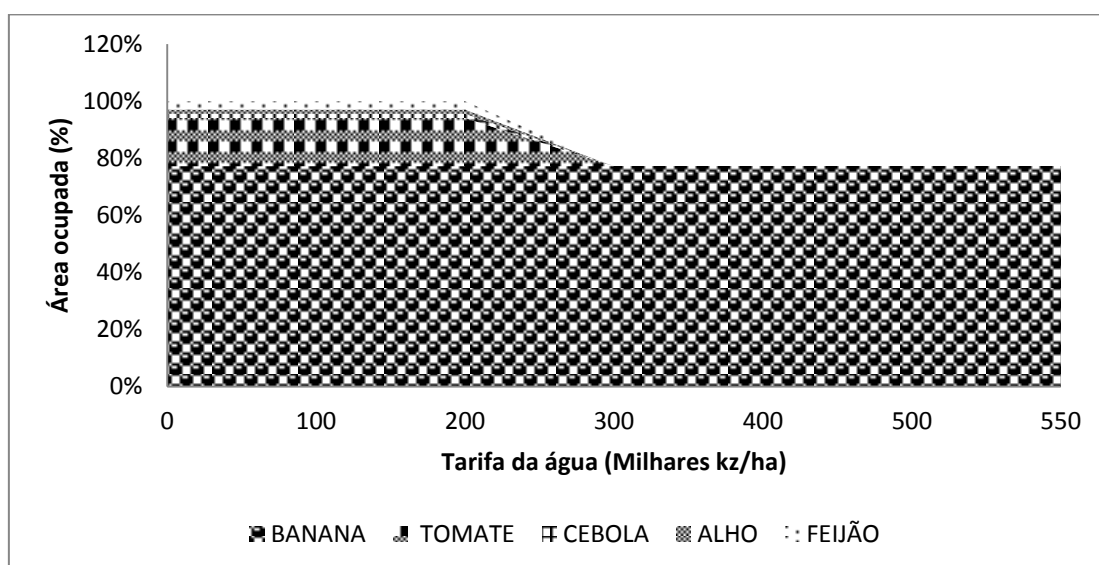


Figura 4.1 Área ocupada pelas culturas (%) para diferentes níveis de preços da água (milhares Kz/ha) (TFS)

Esta tarifa de 256 milhares Kz/ha representa a tarifa limite da água para todas as culturas à excepção da banana que continua a ser cultivada (137 ha).

A redução a nível do consumo de água é abrupta e de cerca de 14%, bem como a da quantidade de mão de obra utilizada (redução de 44%), reduções estas verificadas para uma tarifa de 256 milhares Kz/ha, e resultantes do abandono de uma parte da ocupação cultural da área da empresa (Figura 4.2 e 4.3)

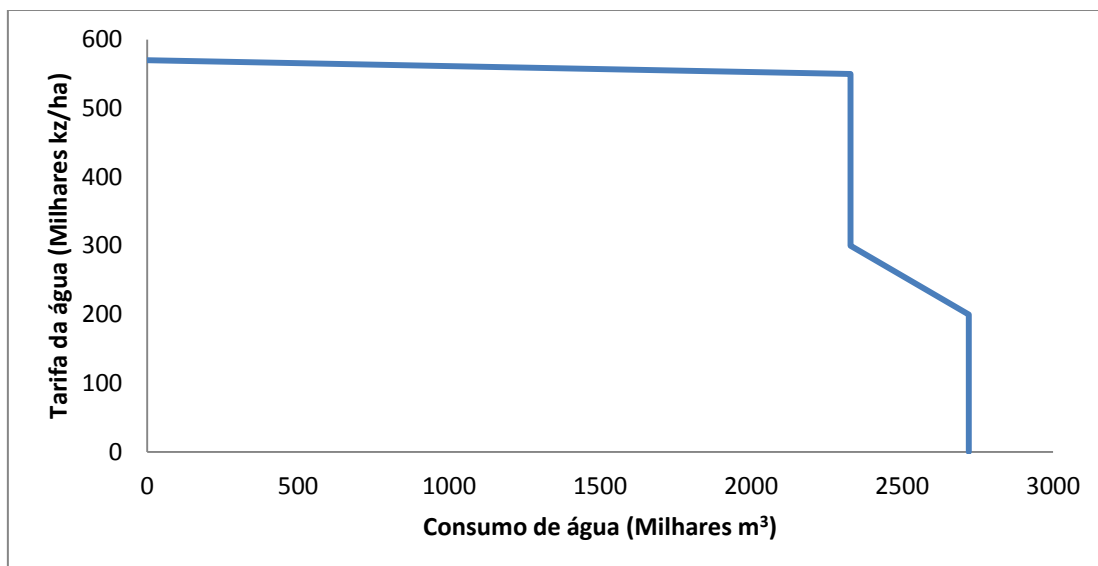


Figura 4.2 Consumo total de água (milhares de m³) para diferentes valores da tarifa da água (TFS)

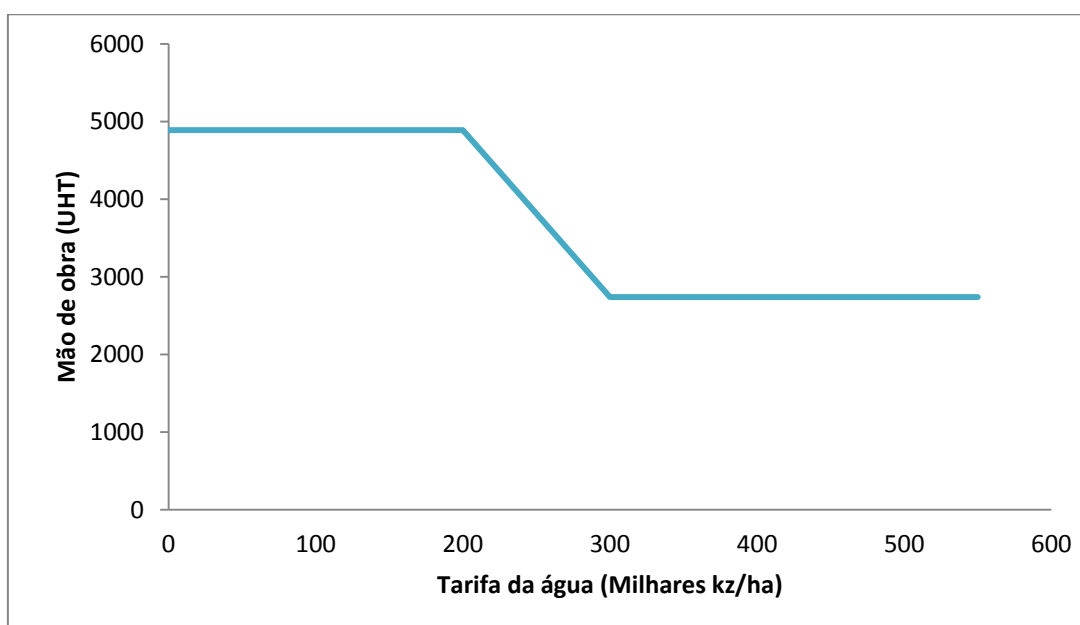


Figura 4.3 Mão de obra (UHT) para diferentes valores da tarifa da água (TFS)

A Figura 4.4 mostra a evolução da receita da água em função da tarifa de regadio aplicada. De salientar que esta receita da água cresce até um montante da tarifa igual a 200 milhares Kz/ha, valor a partir do qual diminui o consumo de água, diminuindo igualmente a receita da água. A diminuição do consumo da água deve-se ao abandono da área das culturas do tomate, feijão, cebola e alho. A receita da água volta a crescer a

partir dos 300 milhares Kz/ha, valor da tarifa que compensa a perda da receita devida ao não cultivo de toda a área disponível.

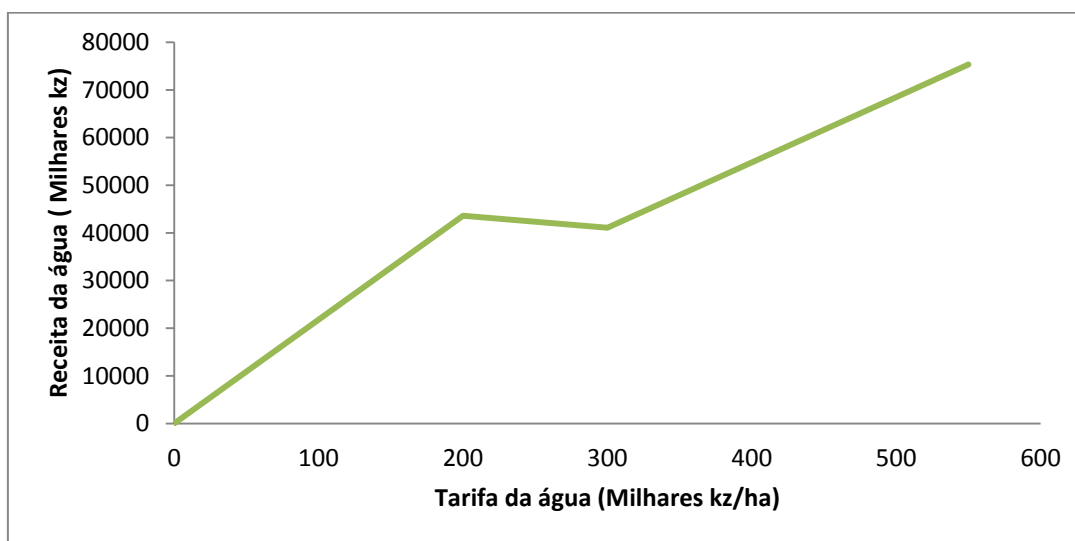


Figura 4.4 Receita total da água (milhares de Kz) para diferentes valores da tarifa da água (TFS)

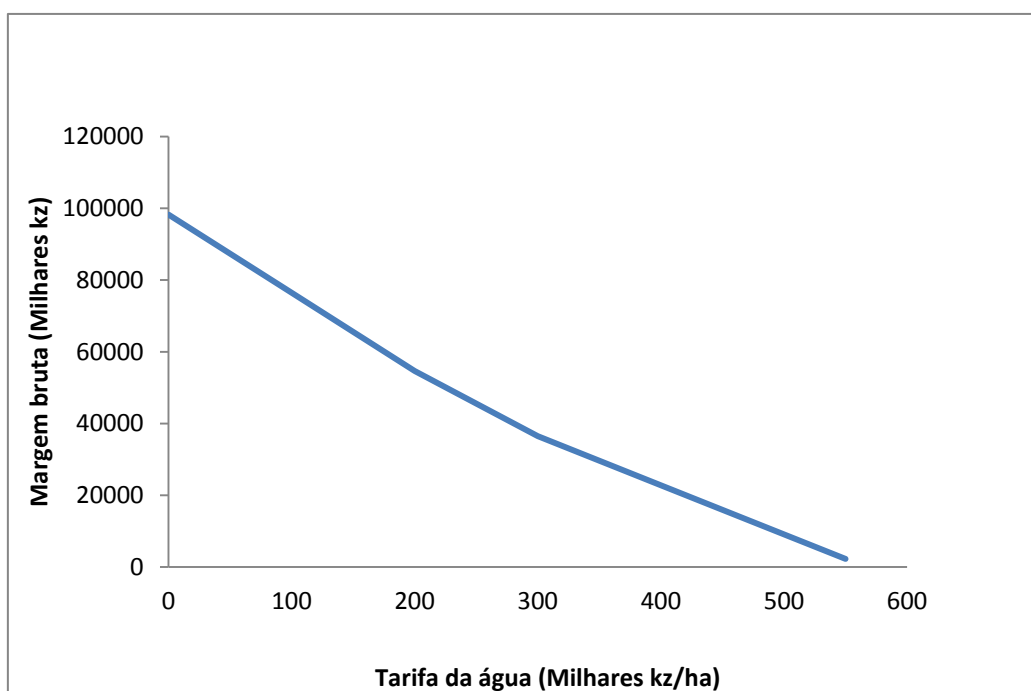


Figura 4.5 Margem bruta (milhares de Kz) para valores da tarifa da água (TFS)

Ao se introduzir o método de tarifação fixa por superfície de água no perímetro irrigado do vale Caxito, verifica-se uma diminuição significativa na margem bruta da empresa

Agrolíder de cerca de 98% entre a margem bruta obtida quando a tarifa é 0 e a margem bruta para a tarifa máxima de 550 milhares Kz/ha (Figura 4.5).

4.3 Métodos com tarifa volumétrica

Os métodos de tarifação volumétrica da água aplicam uma tarifa por unidade de água, valor que se encontra directamente relacionado com a quantidade de água utilizada.

No caso da tarifa volumétrica simples o valor por unidade de água é constante qualquer que seja a quantidade.

Para a tarifa volumétrica variável, quanto maior a quantidade de água recebida, maior o preço a pagar por unidade, ou seja as quantidades de água agrupam-se por escalões de preços crescentes.

Estes sistemas promovem a equidade horizontal que tem a ver com a igualdade da distribuição e dos encargos com a água entre os utilizadores que têm acesso a essa mesma água.

Estes métodos são mais exigentes ao nível da sua aplicação uma vez que exigem uma monitorização da água recebida por cada utilizador, e também uma autoridade supervisionadora do funcionamento do sistema, que estabeleça preços e receba o valor das tarifas. Portanto, um sistema destes apresenta custos de monitorização e de administração que podem ser bastante elevados.

4.3.1 Método com tarifa volumétrica simples (TVS)

A tarifação da água pelo método da tarifa volumétrica simples (modelo em anexo 4) mostra efeitos na composição da ocupação cultural a partir de valores de preço da água bastante baixos (8 Kz/m^3), como se pode ver na Figura 4.6

A banana deixa de se fazer a partir de um preço da água de 8 Kz/m^3 , devido às elevadas necessidades hídricas desta cultura. A margem bruta da cultura não compensa a utilização de água com preços mais elevados.

A partir dos 8 Kz/m^3 , observa-se uma transferência da área ocupada pela banana para a cultura do tomate, que apresenta um aumento de área da ordem dos 57%, do feijão (10%), do alho (5%) e da cebola (5%).

Para as restantes culturas, o preço limite da água, ao qual corresponde o abandono total das culturas é de $52,77 \text{ Kz/m}^3$.

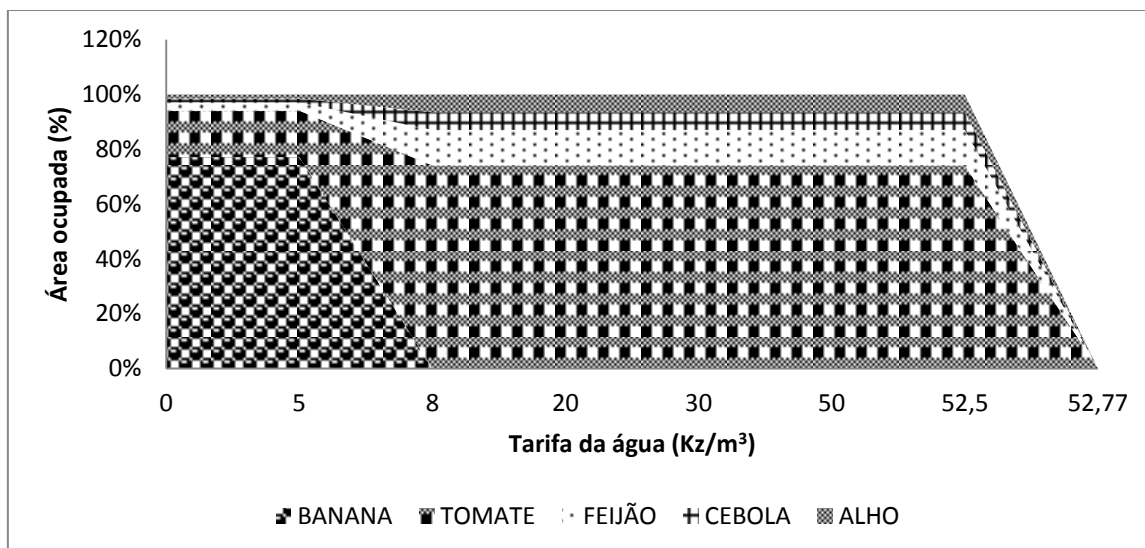


Figura 4.6 Área ocupada pelas culturas (%) para diferentes níveis de preços da água (Kz/m^3) (TVS)

No cenário de tarifa volumétrica simples, o consumo de água apresenta dois patamares distintos, correspondendo o primeiro ao consumo máximo de água e a uma ocupação de toda a área da exploração. A partir dos 8 Kz/m^3 , começa o segundo patamar de consumo de água em que se verifica uma redução de 37% da quantidade de água utilizada, devido ao abandono da cultura da banana com grandes exigências hídricas. A tarifa limite à qual corresponde a não utilização de água é de $52,77 \text{ Kz/m}^3$ (Figura 4.7).

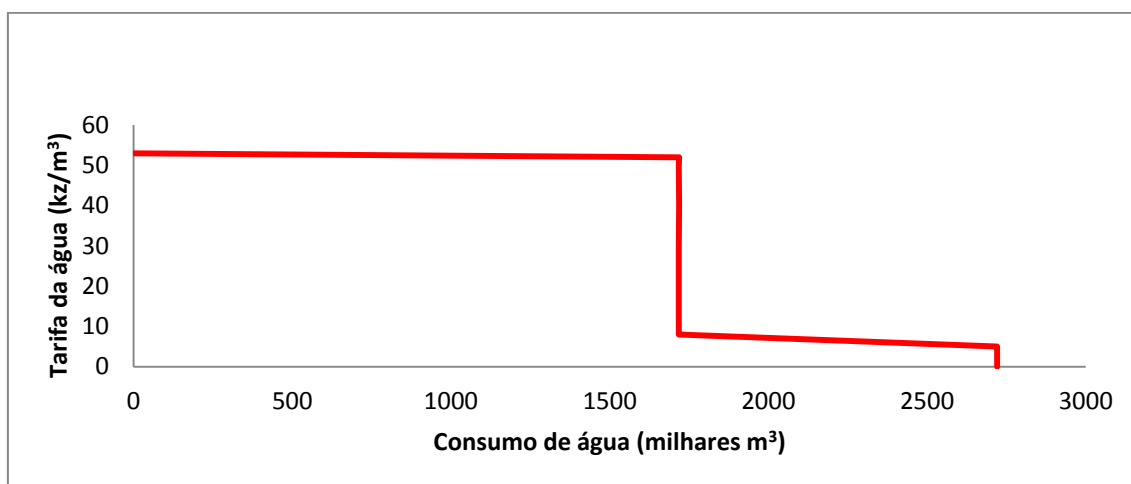


Figura 4.7 Consumo total de água (milhares de m^3) para diferentes valores da tarifa da água (TVS)

Quanto à mão de obra utilizada, verifica-se o seu aumento, também com dois patamares distintos, sendo a tarifa responsável por esta situação a dos 8 Kz/m³. Do primeiro patamar para o segundo há um aumento de utilização de mão de obra na ordem dos 93%, devido às maiores exigências das culturas, nomeadamente tomate, cebola e alho (Figura 4.8).

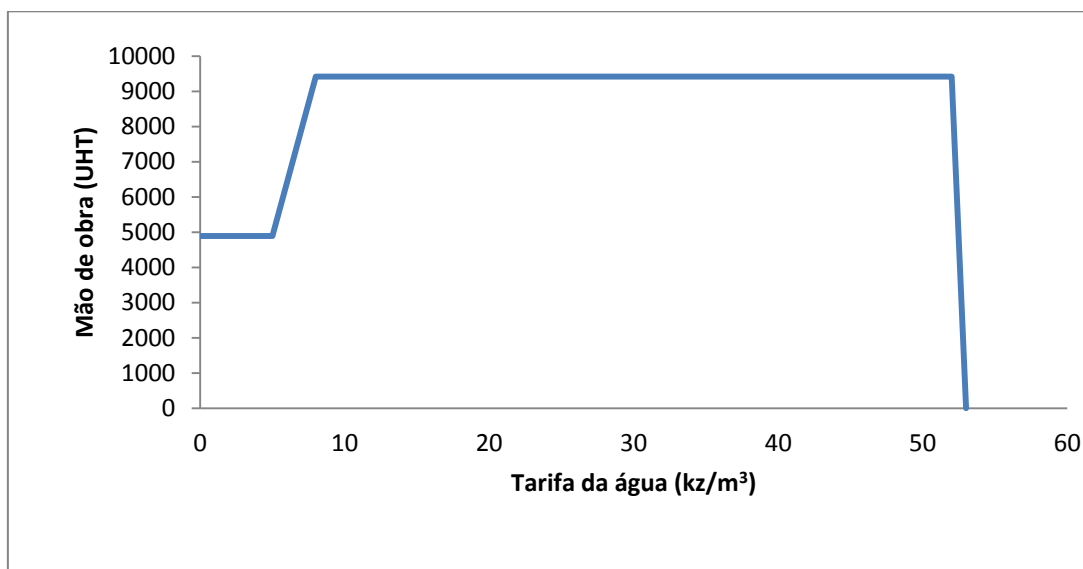


Figura 4.8 Mão de obra (UHT) para diferentes valores da tarifa da água (TVS)

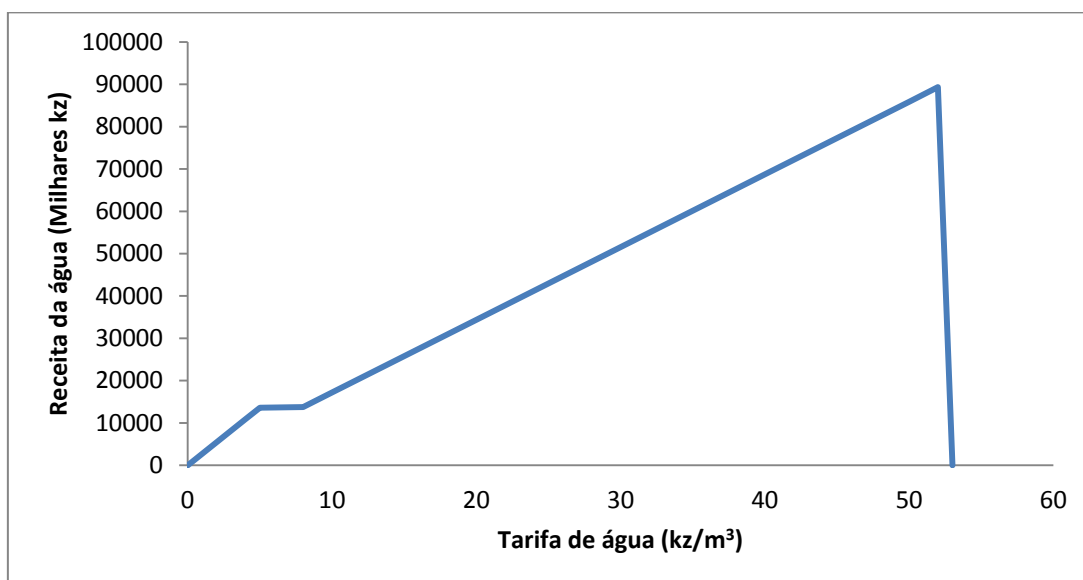


Figura 4.9 Receita total da água (milhares de Kz) para diferentes valores da tarifa da água (TVS)

A receita proveniente da tarifação da água de rega varia com o nível da tarifa, de acordo com a Figura 4.9.

A receita da água apresenta um crescimento pouco acentuado até aos 10 Kz/m³, valor a partir do qual a receita sofre um crescimento muito acentuado até atingir o valor limite da tarifa da água, 52,77 Kz/m³.

Com a introdução de um custo adicional que é o da água utilizada na rega, a margem bruta total sofre uma redução cada vez maior à medida que as tarifas da água vão crescendo.

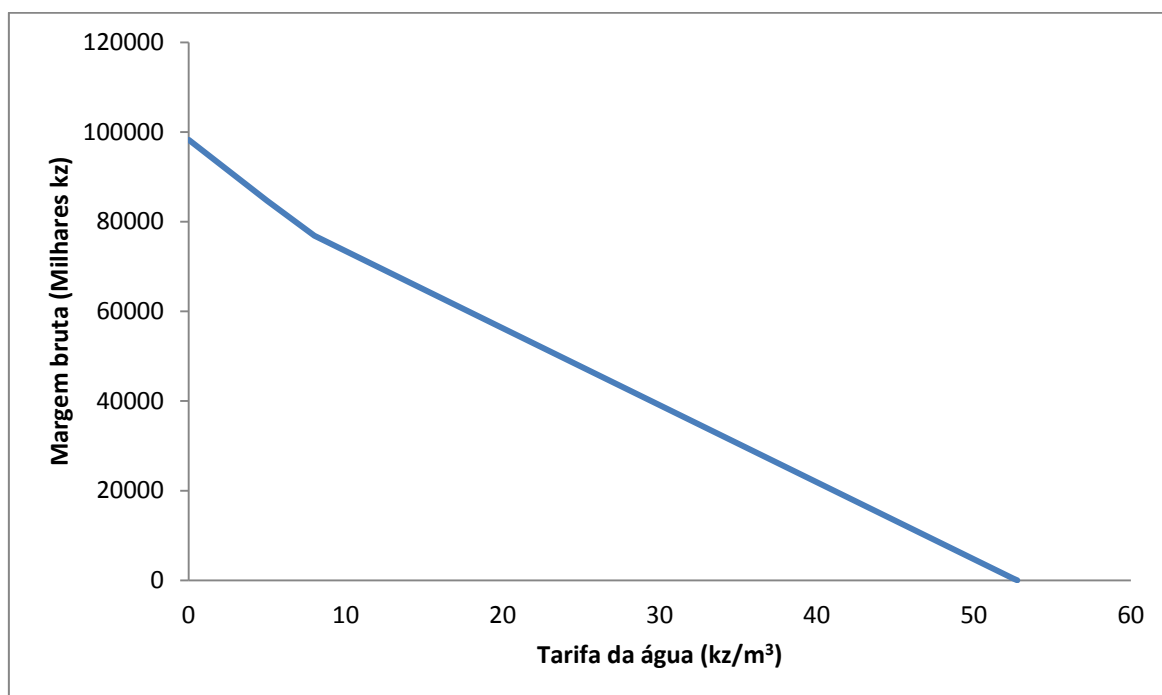


Figura 4.10 Margem bruta (milhares de Kz) para valores da tarifa da água (TVS)

4.3.2 Método com tarifa volumétrica variável (TVV)

O método com tarifa volumétrica variável reveste-se de alguma complexidade na sua aplicação, mas é mais eficiente no que respeita à penalização das culturas mais consumidoras de água.

A aplicação deste método (modelo em anexo 5) foi simulada com tarifas variáveis de acordo com o nível de consumo de água das culturas, tendo-se constituído três escalões de consumo de água: 1º escalão

AGUA1 < 1000 (milhares de m³)

2º escalão

AGUA2<1000 (milhares de m³)

3º escalão

AGUA3<1000 (milhares de m³).

As tarifas da água crescem do 1º para o 3º escalão.

Para facilitar a elaboração dos gráficos, utilizaram-se apenas os valores das tarifas respeitantes ao primeiro escalão. Esta metodologia facilitou também a comparação deste método de tarifação com o método de tarifação volumétrica fixa.

A Figura 4.11 mostra a evolução da área ocupada pelas culturas em função da tarifa variável aplicada por m³ de água consumido. Os efeitos na composição da ocupação cultural começam quando a tarifa da água é de 3 Kz/m³ no 1º escalão, 6 Kz/m³ no 2º e 9 Kz/m³ no 3º. Verifica-se uma redução significativa na área da cultura de banana, passa de 137 ha para 38,5 ha, o que corresponde a uma redução da área de cerca de 72%. Esta cultura exige grandes quantidades de água de rega, pelo que cedo é penalizada.

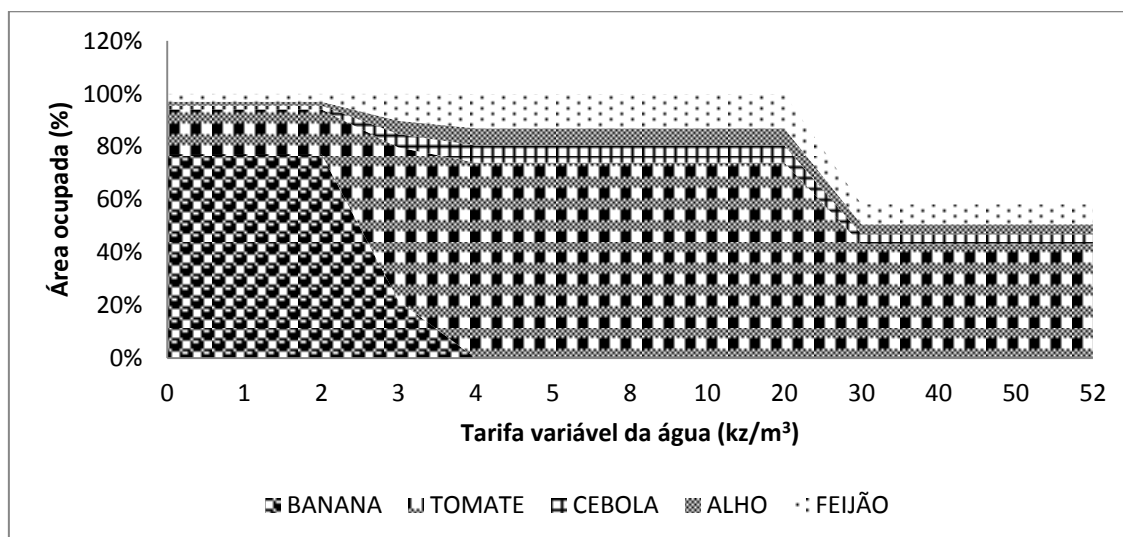


Figura 4.11 Área ocupada pelas culturas (%) para diferentes níveis de preços da água (Kz/m³) (TVV)

A partir desta mesma tarifa variável, observa-se uma ligeira transferência da área ocupada pela banana para a cultura do tomate, que apresenta um aumento de área da ordem dos 41%, do feijão (7%), do alho (4%) e da cebola (4%).

A banana deixa de ser cultivada para uma tarifa de 4 Kz/m³ no 1º escalão, 8 Kz/m³ no 2º e 12 Kz/m³ no 3º, sendo toda a área transferida para as restantes culturas.

A ocupação cultural modifica-se para um preço da água de 30-60-90 Kz/m³, verificando-se uma redução na área do feijão, cebola, alho e tomate.

A tarifa limite para o método da TVV é de 52 Kz/m³ para o 1º escalão, não sendo importantes os valores da tarifa para o 2º e 3º escalões, uma vez que a área cultivada e as culturas praticadas, e respectivas áreas, não exigem mais do que a água considerada neste escalão.

A Figura 4.12 mostra o consumo de água para a aplicação de tarifas variáveis por metro cúbico de água consumido. Verifica-se a existência de três patamares de consumo de água. O primeiro patamar, ao qual corresponde o maior consumo de água, verifica-se até à tarifa de 2-4-6, já o 2º patamar verifica-se entre as tarifas de 4-8-12 e 20-40-60, correspondendo a diminuição do consumo de água à transferência total da área da banana para as outras culturas menos exigentes em água de rega. O 3º patamar verifica-se entre os 30-60-90 e os 52 Kz/m³ no 1º escalão, em que o consumo de água se limita à água do 1º escalão uma vez que a área cultivada é substancialmente reduzida. Esta redução da área deve-se à penalização dos elevados preços da água.

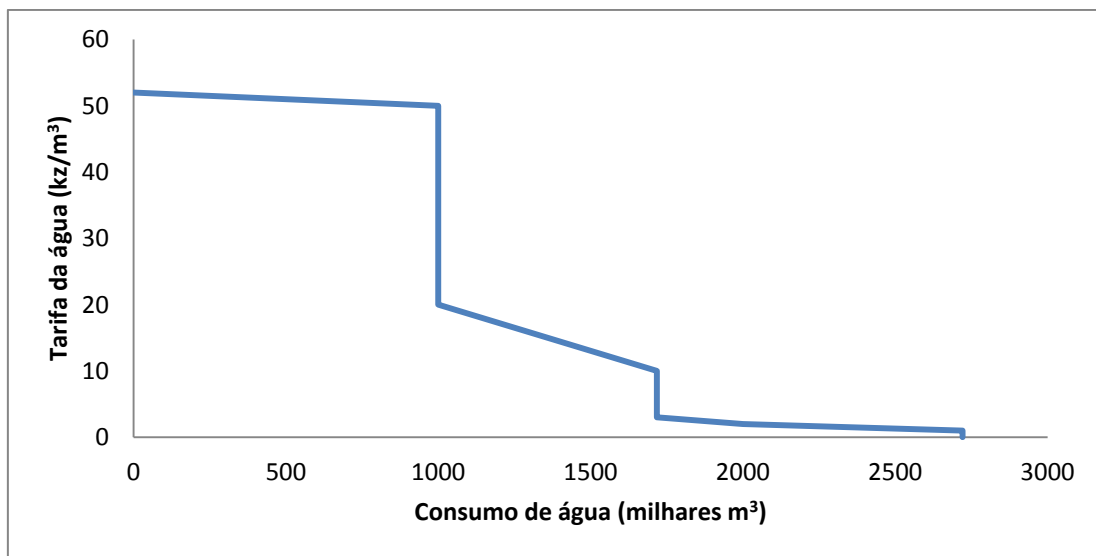


Figura 4.12 Consumo total de água (milhares de m³) para diferentes valores da tarifa da água (TVV)

A Figura 4.13 mostra as necessidades de mão de obra para as diferentes tarifas de água variáveis. Começa por se verificar um aumento das necessidades de mão de obra devido

à transferência da área da cultura da banana (menos exigente em mão de obra) para as outras culturas mais exigentes. As necessidades de mão de obra diminuem a partir do ponto em que não é cultivada toda a área disponível (para uma tarifa de 30Kz/m³ no 1º escalão)

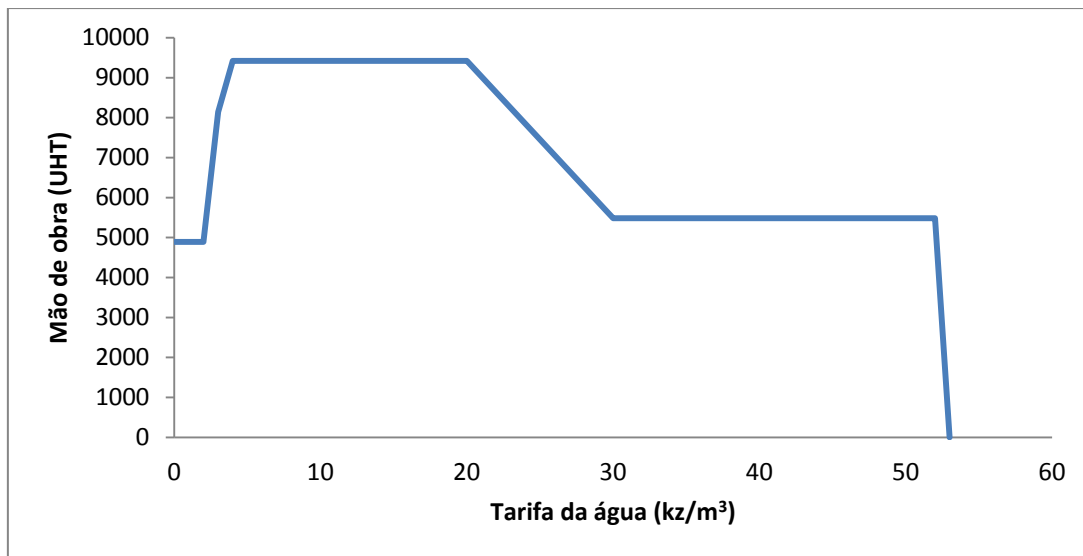


Figura 4.13 Mão de obra (UHT) para diferentes valores da tarifa da água (TVV)

A receita da água cresce rapidamente nas tarifas mais baixas, passando a ter um ritmo de crescimento mais lento à medida que se vão aumentando as tarifas. Este crescimento volta a ser rápido próximo de se atingir o valor máximo da receita da água com a tarifa de 20 Kz/m³ no 1º escalão (Fig. 4.14)

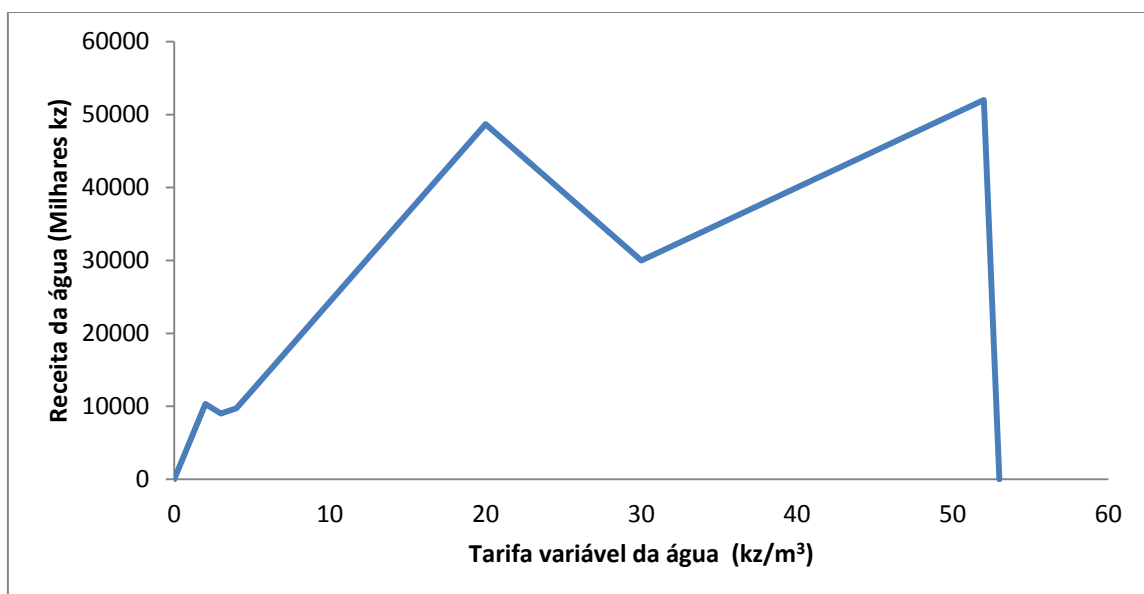


Figura 4.14 Receita total da água (milhares de Kz) para diferentes valores da tarifa da água (TVV)

A margem bruta total da exploração é negativamente afectada com este método de tarifação como se pode verificar pela Figura 4.15.

A tarifa de 1-2-3 kz/m³ provoca uma diminuição na margem bruta de 5%, passando esta redução para os 20% para a tarifa de 5-10-15 kz/m³. A redução da margem bruta total torna-se mais acentuada a partir da tarifa de 10 Kz/m³ no 1º escalão.

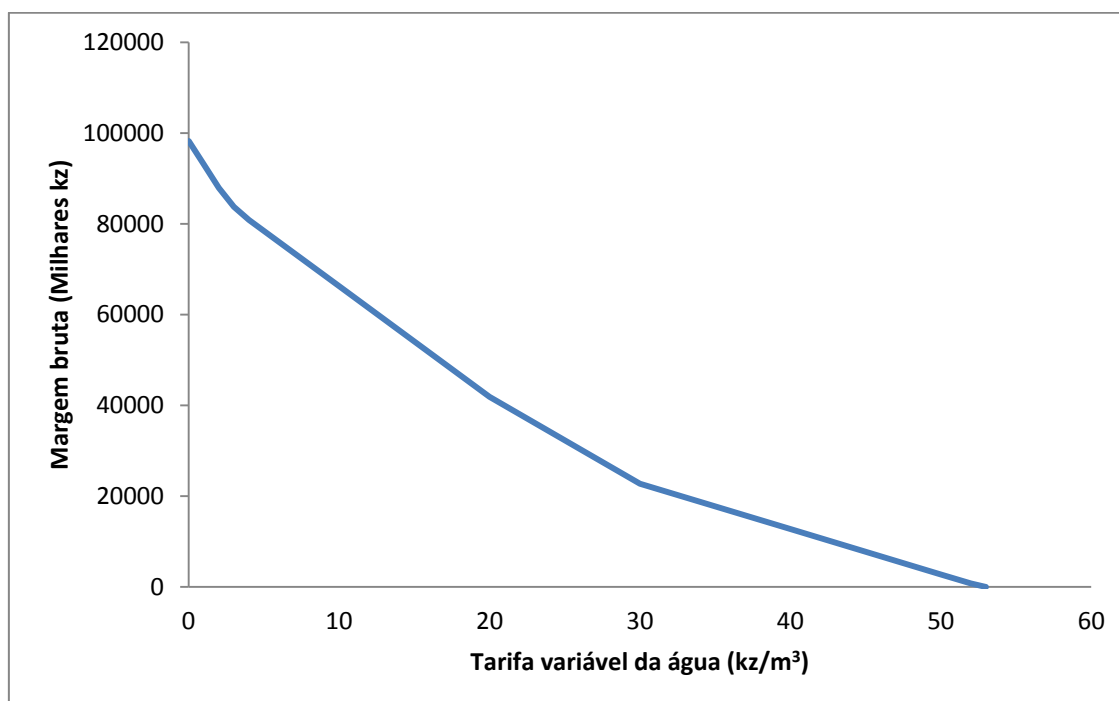


Figura 4.15 Margem bruta (milhares de Kz) para valores da tarifa da água (TVV)

4.3.2 Comparação dos métodos de tarifação volumétrica simples e de tarifação volumétrica variável

Quando se procede à comparação entre os dois métodos de tarifação volumétrica da água, e relativamente à área ocupada pelas culturas em cada um dos casos, verifica-se que com o método de tarifação volumétrica variável as reduções nas áreas das culturas começam a verificar-se para tarifas da água do 1º escalão mais baixas do que no método de tarifação volumétrica simples, sendo por isso a cultura da banana, muito mais exigente em água, penalizada para tarifas mais baixas da água.

Na Figura 4.16 comparam-se os consumos de água para os dois métodos, verificando-se que a redução do consumo de água ocorre muito mais rapidamente para o método de tarifação volumétrica variável do que para o de tarifação volumétrica simples. Os elevados preços da água para o 2º e 3º escalões no método TVV penalizam mais rapidamente as culturas mais exigentes em água, como é o caso da banana, reduzindo a sua área, portanto diminuindo as necessidades gerais de água.

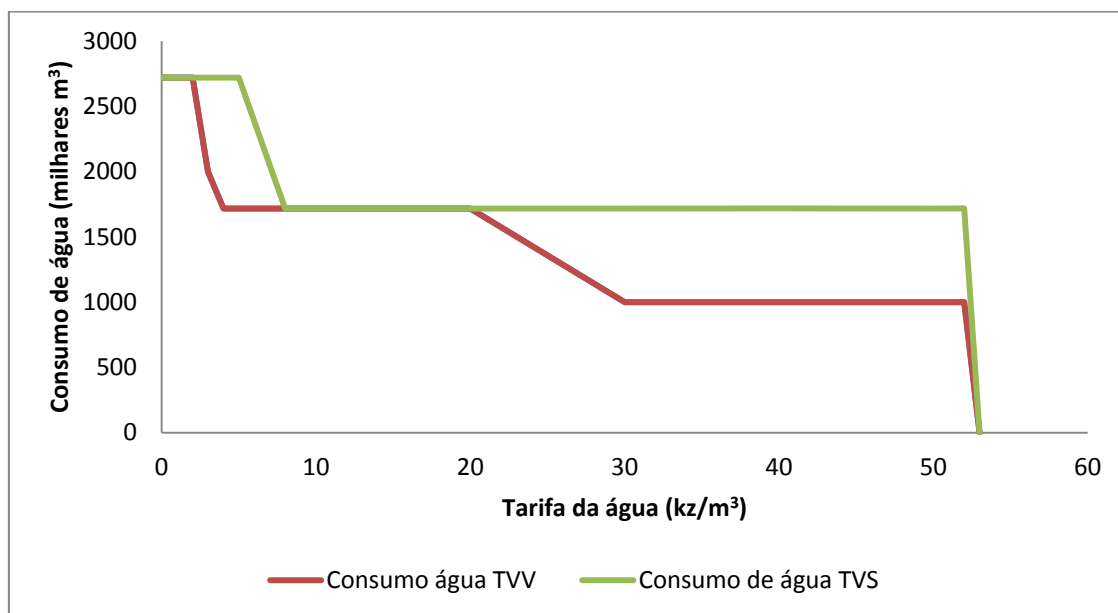


Figura 4.16 Consumo total de água (milhares de m³) para os métodos de tarifação volumétricas.

Observa-se que a introdução da tarifa volumétrica simples de 52 Kz/m³, gera uma redução no consumo total de água de 37% relativamente ao consumo inicial. Já para a tarifa volumétrica variável do mesmo montante no primeiro escalão, regista-se uma quebra no consumo de água de 63%. Neste contexto, o método de tarifação volumétrica variável age de uma forma mais acentuada que o método de tarifação volumétrica simples.

Quanto ao método de tarifação fixa de superfície, com uma tarifa de 550 milhares Kz/ha, correspondendo a 32,4 Kz/m³, o consumo de água é reduzido em 14% relativamente ao consumo com tarifas mais baixas.

Com a existência de uma política de preço da água na agricultura, a entidade responsável pela sua aplicação regista um aumento da receita da água com um

comportamento idêntico nos dois métodos volumétricos, atingindo no entanto valores mais elevados na tarifação volumétrica variável (Fig. 4.17)

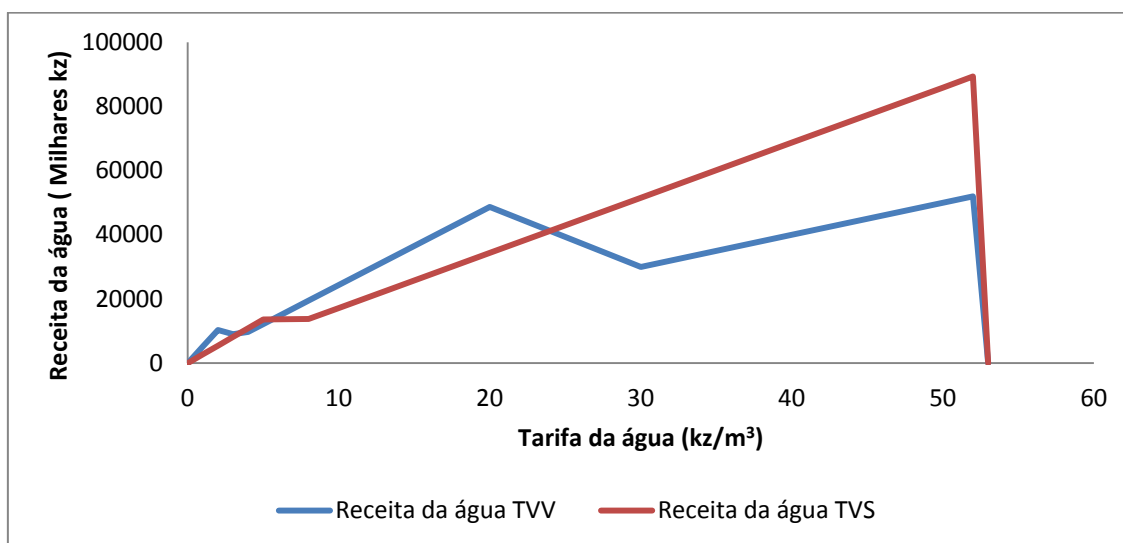


Figura 4.17 Receita total da água (milhares de Kz) para os métodos de tarifação volumétricos.

É óbvio que com a proposta de fixação de uma tarifa justa para o regadio no perímetro irrigado do vale de Caxito, o rendimento da empresa Agrolíder sofre uma redução, quer seja pela própria tarifa em si, quer pela modificação das culturas realizadas. Deste modo, analisando a Figura 4.18, que compara a evolução da margem bruta total quando é aplicado o método de tarifação volumétrica simples com o variável, pode-se concluir que a margem bruta da empresa diminui mais acentuadamente na tarifação volumétrica variável do que na simples, para valores mais baixos da tarifa da água. Esta redução na margem bruta para tarifas mais elevadas é muito semelhante para os dois tipos de tarifação volumétrica.

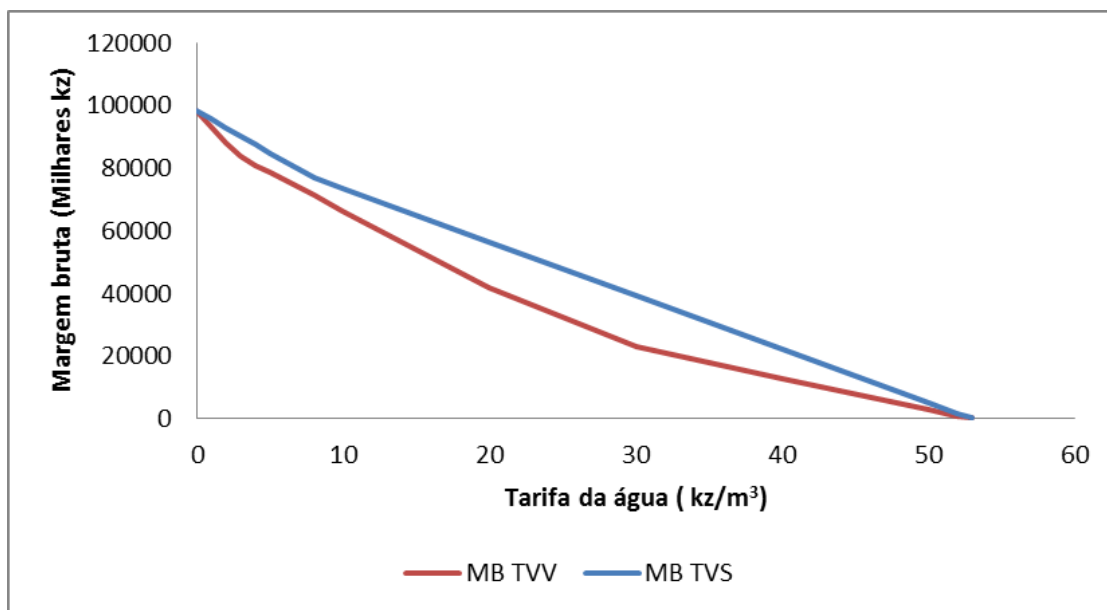


Figura 4.18 Margem bruta (milhares de Kz) para os métodos de tarifação volumétricos.

A Figura 4.19 mostra a evolução da mão de obra face às tarifas da água. Os acréscimos das necessidades de mão de obra para tarifa volumétrica simples só acontecem a partir de 8 Kz/m³ enquanto que para as tarifas volumétricas variáveis esse acréscimo dá-se para uma tarifa de 3 Kz/m³ no primeiro escalão (6 Kz/m³ no segundo escalão e 9 Kz/m³ no terceiro escalão). O decréscimo das necessidades de mão de obra para a tarifação volumétrica variável não é tão abrupta como a do outro método, uma vez que se dá uma redução da área cultivada para valores mais elevados da tarifa.

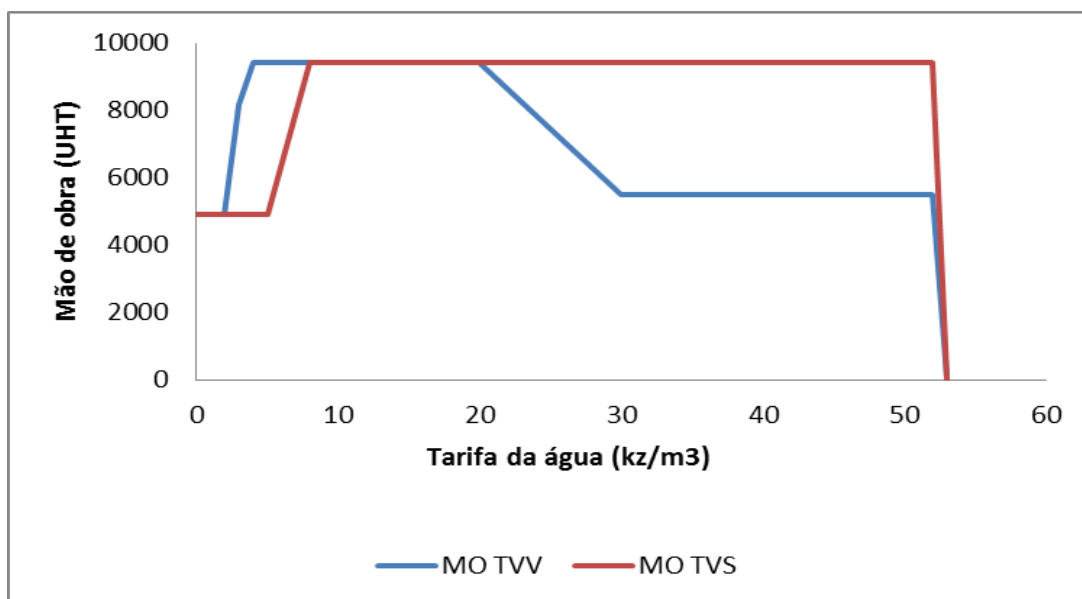


Figura 4.19 Mão de obra (UHT) para os métodos de tarifação volumétrica.

Os valores da variação da mão de obra devem ser tomados como indicadores do impacto social da aplicação da proposta de fixação do preço da água nas áreas de regadio da empresa Agrolider.

4.4 Impacto ambiental

A política de tarifação da água para a irrigação exerce de igual modo um impacto importante no meio ambiente, uma vez que a utilização da água está fortemente ligada à intensificação da actividade agrícola.

Depois da análise dos resultados relativamente ao consumo da água, constata-se que os acréscimos no preço da água são conducentes a significativas reduções no consumo à medida que aumenta a tarifa, e isto acontece em todos os métodos analisados no presente trabalho. Portanto, qualquer política de preço da água levará a uma diminuição da intensificação da actividade agrícola, reduzindo assim o impacto da agricultura no ambiente.

4.5 Curva da procura de água para a irrigação no perímetro de Caxito.

A procura de um bem define-se como a quantidade desse bem para cada preço que os utilizadores desejam e estão dispostos a pagar, mantendo tudo o resto constante.

Relativamente à água, a gestão da sua procura através de uma correcta afectação da mesma e um controlo da poluição pode conseguir-se através de uma política de preço da água. Esta política de preço da água tem como objectivo o uso eficiente do recurso água e a sua afectação a usos prioritários, bem como uma redução dos níveis de poluição.

De acordo com a teoria económica, a quantidade procurada de água diminuirá com o aumento do seu preço, mantendo tudo o resto constante.

Para construir a curva de procura da água para o perímetro de rega do Caxito, e uma vez que a disponibilidade de água não é problema para o agricultor neste perímetro, teve que se limitar a sua disponibilidade para poder usar a metodologia dos preços sombra com o modelo de programação linear utilizado nas simulações (conforme modelo no anexo 3). Os preços sombra da água obtiveram-se parametrizando a RHS da restrição da água, de acordo com a Tabela 4.1, representando a Figura 4.20 a curva de procura da água da empresa Agrolíder.

Tabela 4.1 Resultados da parametrização DA RHS da restrição da água

RHS (milhares de m ³)	Preço sombra da água (Kz/m ³)
0	52,64
858,739	52,64
1717,48	7,71
2720,88	7,71

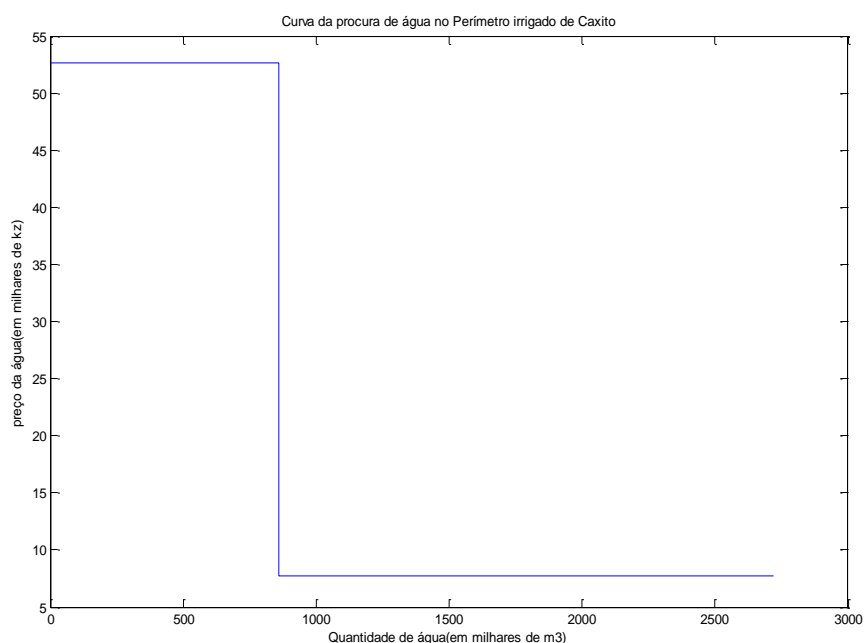


Figura 4.20 - Curva da procura de água no perímetro de Caxito, empresa Agrolíder

Da análise da curva simulada da procura da água, verifica-se que quando o seu preço for 7,7Kz/m³ a quantidade de água consumida no perímetro irrigado de Caxito pode variar entre os 2720,8 milhares m³ e os 858,739 milhares de m³. Para preços mais elevados a quantidade de água procurada varia entre 0 e os 858,739 milhares de m³. Importa salientar que o perímetro consome quantidades maiores de água para baixos níveis de preço da água, sendo a procura da água elástica. O facto desta curva se mostrar elástica relativamente ao preço deve-se à invariabilidade do plano cultural do perímetro. A redução do consumo de água para 1717,48 milhares de metros cúbicos eleva a disposição a pagar para 52,6 Kz/m³, alterando-se a ocupação cultural da área e verificando-se um abandono da área de cultivo parcial. Este segmento da curva para

52,6 Kz/m³ e para consumos de água entre os 1717,48 milhares de m³ e os 0 m³, caracteriza-se também pela sua elasticidade, pelo que a empresa deverá abandonar as culturas que maior quantidade de água consomem , neste caso a cultura da banana, ou deixar de produzir totalmente qualquer cultura de regadio.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em termos de recursos hídricos superficiais, Angola possui enormes potencialidades, com quarenta e sete bacias hidrográficas estendendo-se por uma área de influência que ocupa praticamente toda a sua extensão territorial, o que pode ser considerado um potencial hídrico excepcional.

Para os recursos subterrâneos não se têm feito estudos aprofundados, embora seja a principal fonte primária de abastecimento em determinadas regiões. Angola detém a segunda maior disponibilidade hídrica da região austral, apenas ultrapassada pela República Democrática do Congo.

Por certo, a água é um bem naturalmente renovável. Porém, na prática, o aumento populacional tem ocorrido em níveis superiores aos tolerados pela natureza, o que resultará, em pouco tempo, em stress do sistema hídrico.

5.1 Conclusões

Com este trabalho propôs-se fazer uma avaliação dos impactos socioeconómicos e ambientais resultantes da introdução de uma política de preço da água no Perímetro Irrigado de Vale do Caxito. Para tal, foi desenvolvido um modelo matemático que permitiu simular vários métodos de tarifação da água, nomeadamente o método de tarifa fixa por superfície, o de tarifação volumétrica fixa e o de tarifação volumétrica variável. Foram avaliados os três métodos no que respeita à afectação óptima da terra de regadio às culturas existentes, e aos impactos económicos, sociais e ambientais dos mesmos. Construiu-se a curva da procura da água dos agricultores do Perímetro Irrigado de Vale de Caxito.

Tendo em conta os cenários para avaliar os efeitos das políticas de tarifação de água no perímetro irrigado de vale de Caxito, depois de feitas as simulações as conclusões foram as seguintes:

- Entre os métodos de tarifação volumétrica, o de tarifação variável provoca uma redução mais intensa na área ocupada pelas culturas e observa-se uma maior penalização da cultura de Banana em relação às outras. Com o método de tarifação fixa por superfície não se verifica redução na área da banana, pois com

a aplicação desta tarifa ao hectare, não há incentivos para que não se continue com as culturas exigentes em água;

- Do ponto de vista do uso eficiente da água na agricultura, os melhores resultados obtêm-se com a tarifa volumétrica variável, seguindo-se a tarifa volumétrica simples;
- Com a implementação da política de tarifação da água de regadio a empresa sofreria uma redução no rendimento, quer seja pela própria tarifa em si, quer pela modificação das culturas realizadas;
- No que tange ao acréscimo das necessidades de mão de obra, portanto do ponto de vista social, a tarifação volumétrica simples apresenta melhores resultados, seguindo-se o de tarifa volumétrica variável;
- A empresa em estudo consome quantidades maiores de água para baixos níveis de preço da água.
- O método de tarifa volumétrica variável mostrou ser o mais penalizador, reduzindo mais rapidamente a área das culturas mais consumidoras de água, sendo por isso o método em que os objectivos ambientais seriam mais facilmente atingidos, embora com custos mais elevados.
- O método de tarifa fixa, sendo o de mais fácil implementação, é o que traz menores impactos ambientais, económicos e sociais.
- Como esperado, qualquer um dos métodos traz aspectos negativos na sua aplicação no que toca à redução da margem bruta total.

A proposta de determinação do preço da água no perímetro irrigado de Caxito para o uso eficiente do recurso provocaria certo alarme por parte dos agricultores desta zona na possível degradação das suas condições económicas, pelo facto do aumento da tarifação de água. Em face deste cenário, muitos agricultores prefeririam abandonar a actividade agrícola.

No sector ambientalista desta localidade, seguidos pela maioria da população consideram oportuna justa e urgente à aplicação de uma política que proteja este recurso tão importante para a humanidade e gerações vindouras dos abusos, que consciente ou inconscientemente alguns sectores desta actividade cometem sobre o mesmo;

5.2 Recomendações

A pesquisa ora realizada no Município de Caxito, permitiu que se formulassem algumas propostas que venham a estimular a continuidade do regadio na região e desenvolvimento agrícola, a fim de viabilizar o aproveitamento do potencial produtivo local e criar oportunidades de negócios sustentáveis que combinam o desenvolvimento económico, a criação de emprego e renda.

Deste modo, as principais recomendações vão no sentido de ser fixado um preço para a água, o qual deverá ter a forma de uma tarifa volumétrica variável no caso de ser possível a medição dos volumes de água, ou de uma tarifa fixa por superfície quando tal não for possível.

Em função dos problemas identificados propõe-se complementarmente o seguinte:

- Que se faça fiscalização efectiva no canal de Irrigação, visto que a população local lava e toma banho no canal de irrigação, situações que poluem a água e que decerta forma afecta o desenvolvimento das culturas;
- Que se estudem mecanismos no sentido de contrapor a mudança climática global que diminui o rendimento agrícola;
- O Estado deve criar políticas de apoio aos agricultores mais carenciados de formas a incentivar a competitividade na região e no país;
- O incentivo dos bancos na organização de um sistema de crédito rural ágil e dinâmico, diferenciado para pequenos produtores agrícolas e empresários rurais que sirva de impulso ao fomento da produção agrícola;
- Estabelecer um adequado planeamento do desenvolvimento da agricultura irrigada a nível região;
- Identificar de entre as várias iniciativas hoje existentes uma carteira de projectos exequíveis, na base da qual deverão ser elaborados estudos básicos e projectos executivos com viabilidade técnica, económica, social e ambiental assegurada; De pouco servirá apresentarmos uma listagem de intenções de projectos se não houver uma harmonização entre a aptidão destas unidades territoriais e os usos que se lhes predente dar, tendo em conta aspectos técnicos, económicos, sociais e ambientais;

- Capacitar e envolver técnicos de nível médio e superior para dar suporte aos empreendimentos agrícolas irrigados existentes e novos visando melhorar os retornos económicos dos produtores.

BIBLIOGRAFIA

ABAD, E. P.G. (2007). “Proposta de fixação de preço da água para irrigação na agricultura, utilizando a metodologia da programação matemática positiva”. Tese de doutoramento, Universidade Federal do Rio grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, Brasil.

ABRAHAN, C; Cooper, W. (1961). *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*. John Wiley, New York.

ANUÁRIO HIDROLÓGICO, ano 1º Novembro de 2006.

CARRAMASCHI, E; Cordeiro Neto, O; Nogueira, J. (2000). O preço da água para irrigação: um estudo comparativo de dois métodos de valoração económica contingente e dose-resposta. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 17, n.3, p.59-81.

CHRISTOFIDIS, D.; Almeida, N.L.; Silva, S.J (2004). *A cobrança pelo uso da água na agricultura: subsídios para a definição*, Igual editora.

CIAMA (1992). Conferencia Internacional sobre a Água e Meio Ambiente, Irlanda/Dublin Janeiro, 1992.

COSTA, M.H. (1991). “Modelo de optimização dos recursos hídricos para a irrigação, conforme a época de plantio. Viçosa”. UFV. Dissertação de mestrado.

Diário da República de Angola: *Caracterização do Sector de Águas em Angola*. Descrição da situação Actual. Resolução n.º 10/04, sexta feira, 11/06/04

DINIZ, A. C.; Aguiar, F. Q. (1968a) – *O regadio face à zonagem ecológica de Angola*. Separata de FOMENTO, Lisboa, 6 (3): 255 – 264.

DINIZ, Alberto Castanheira (1973). *Características Mesológicas de Angola. Descrição e correlação dos aspectos Fisiográficos, dos solos e da vegetação das zonas Agrárias de Angola*, Missão de Inquéritos Agrícolas de Angola. Nova Lisboa.

DINIZ, Alberto Castanheira (1998). *Angola o Meio Físico e Potencialidades Agrárias*, Instituto da Cooperação Portuguesa.

FAO (2004). “Revisão do Sector Agrário e da Estratégia de Segurança Alimentar para a Definição de Prioridades de Investimento”. Luanda.

FAO (2005). “Rapports sur l’eau 29”.

<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/angola/indexfra.stm>, acedido em 20 de Junho de 2012.

FAO (2002). “Agua y cultivos, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura”, Roma.

FRAGOSO, R.; Marques, C. (2009). Avaliação económica de tarifas da água no uso agrícola: um estudo de caso no sul de Portugal. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, vol. 47, nº 3, pp.699-718.

GOMES, J. Duarte (2009). *Análise técnica dos aspectos relacionados com o potencial de irrigação no lado Angolano da Bacia hidrográfica do rio Kubango*, Relatório final, Julho 2009.

HAZELL, P.B.R.; Norton, R.D.(1986). *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*. Macmillan, New York.

HENRIQUES, P., Branco, M., Fragoso, R.; M. L. Carvalho (2006). Direito de Acesso à Água: Princípios Económicos para o seu Usufruto na Agricultura.in *Economia com Compromisso: Ensaio em Memória de José Dias Sena*, edited by M. Branco, M. L. Carvalho and C. Rego, pp 29-55. Universidade de Évora, Cefag-UE, Évora.

HOWE, C. W.(1993). The Impact of Price on Residential water Demand.

HUSSAIN, I.; Hanjra, M. (2003). Does irrigation water matter for rural poverty alleviation? Evidence from South and South-East Asia. *Water Policy*, 5 (5), pp. 429-442.

IBEP (2008). Inquérito Integrado sobre o Bem estar da População- 2008-2009

INE - Instituto Nacional de Estatística (1998), “Anuário hidrológico”, Ano 1º, Novembro, Direcção Nacional de Água, Publicação Anual, Angola.

INE - Instituto Nacional de Estatística (2009), “ Bem estar Económico e social dos Angolanos”.

JOHANSSON, R. C. (2000). “Pricing Irrigation water- A Literature survey”. The World Bank Rural Development Department, Policy Research working paper, Washington D.C., pp.1-80.

JOHANSSON, R. C.; Tsur, Y.; Roe, T-L.; Doukkali, R.M.; Dinar, A. (2002). Pricing and allocation of irrigation water: a review of theory and practice. *Water Policy*, v.4, n.2, pp. 173-199.

Jornal de Angola 29 de Junho de 2012. Disponível em: <http://jornaldeangola.sapo.ao>.
acedido em 21/07/12.

JÚNIOR, A.Q. (2011). “Investigação Operacional na Resolução de Problemas de Políticas Agrícolas”. Dissertação de mestrado, Campinas- Brasil.

KLOHN, W. (1999). “Agua y agricultura” Fundación CIDOG, Afers Internacionales, núm. 45-46, pp. 105-126.

LANNA, A.E (1995). Estudos para a Cobrança pelo Uso de Água Bruta no Estado do Ceará: Simulação Tarifária para a Bacia do Rio Curu. Fortaleza: COGERH (Relatório 2 – A)

- LANNA, A. E. (1999). "Gestão dos Recursos Hídricos". HIP-78.
- MARQUES, C. A.F. (1988). "Portuguese entrance into the European Community - implications for dryland agriculture in the Alentejo region", PhD Thesis, Purdue University, West Lafayette, U.S.A.
- MINADER-Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (2002). *Relatório sobre o contributo da Agricultura Irrigada*. Angola.
- MINADER - Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (2004). *Relatório Nacional sobre a Situação dos Recursos Hídricos para a Alimentação e a Agricultura*. Luanda.
- MINADER -Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural (2007). *Relatório sobre o contributo da Agricultura Irrigada*. Angola.
- MINEA- Ministério da Energia e Águas (2004). *Relatório sobre a situação do país – Angola*.
- MINEA- Ministério da Energia e Águas (2006). "Actualização do perfil Ambiental de Angola", http://ec.europa.eu/development/icenter/repository/angola_CEP_2006.pdf
- MINSa - Ministério da Saúde (2011). *Documento de Estratégia para o País e Programa Indicativo Nacional para o Período 2008- 2013*. Governo de Angola e Comissão Europeia.
- MINUA - Ministério do Urbanismo e Ambiente (2006). *Relatório do Estado Geral de Angola*.
- MINUA - Ministério do Urbanismo e Ambiente (2008). *Relatório sobre a Situação Actual da País- Angola*. Versão Draft Final 31/ 03/2008.
- PEARCE, D.W.; Warford, J. J. (1993). *World Without end: Economics, Environment, and Sustainable Development* Washington D.C., World Bank.
- PEREIRA, A.R.P. (2008). "Governação da Água em Angola: O peso das Configurações Institucionais e Territoriais". Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro- Portugal
- PESTANA, N. (2011). *Pobreza, Água e Saneamento Básico*. CEIC-UCAN, Luanda-
- PNUD (1999). *Relatório sobre o Desenvolvimento Humano*. Tricontinental Editora, Lisboa.
- República de Angola (2010). *Relatório Fundamentado do Orçamento Geral do Estado* (OGE 2011).
- RESENDE FILHO, M. A. ; Araújo, F. A. ; Barros, E. S.; Silva, A. S. (2008). "Precificação da água em projetos de irrigação: uma aplicação do método paramétrico de estimação de uma função insumo-distância", paper apresentado no congresso da SOBER, Rio Branco, Brasil.

- ROGERS (1993). “Sistemas de tarifas de preços de Água Pública”. FAO, Roma.
- RUSSO, A.T.; Oliveira, P. B.; Bisca, F. R. (2011). “Reabilitação e Modernização de Aproveitamentos Hidroagrícolas em Angola”, Jornadas Técnicas da APRH, LNEC, Lisboa.
- SERAGELDIN, I. (1995). “Evaluating Environmentally Sustainable Development”, in Evaluating and Development. Proceedings do 1994 World Bank Conference.
- SOPIR- Sociedade de Desenvolvimento dos Perímetros Irrigados (2009). Considerações sobre os perímetros Irrigados em Angola.
- UNDP (2006). *Human Development Report. Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis*. Available on-line at <http://hdr.undp.org/hdr2006/pdfs> acesso em 9 Maio 2011.
- VAN-DÚNEM, (2002). *Recursos Hídricos e sua Importância para o Desenvolvimento Sustentável e Bem – Estar*.
- VAN-DÚNEN, Belarmino (2009). “Conflitos na África Austral de 1975 a 2002”, <http://berlarminovandunem.blogspot.com/2009/05/conflitos-na-africa-austral-de-1975.html> acesso em Agosto 2011.
- VARELA, J. L.; Carvalho, M.L.S. (2009). Impactos da aplicação de uma política de preço da água em Portugal: o caso da Lezíria do Tejo. *Revista de Ciências Agrárias*, vol XXXII, nº 2 pp. 231-244
- YOUNG, R.A. (1996) *Measuring economic benefits for water investments and policies*. World Bank, Washington, DC.
- WORLD BANK (2001). *World Development Report 2000/2001: Attacking Poverty*. Washington/New York: World Bank/Oxford University Press
- WORLD BANK (1991). *Sub Saharan Africa Hydrological Assessment SADCC Countries*, Country Report: Angola.
- 2003 IYFW (2008). *A look at water resources in Africa*. Disponível on-line at www.wateryear2003.org. Acesso 10 Março 2011.

ANEXOS

ANEXO 1

Formulação do modelo de programação linear utilizado

Determinação do preço da água no P.I.C

!Definição das variáveis de decisão

!Feij1=Área cultivada com feijão1

!Ceb1=Área cultivada com cebola1

!Alh1=Área cultivada com alho1

!Tom1=Área cultivada com tomate1

!Feij2=Área cultivada com feijão2

!Ceb2=Área cultivada com cebola2

!Alh2=Área cultivada com alho2

!Tom2=Área cultivada com tomate2

!Ban=Área cultivada com banana

!Transf1=área de banana transferida para 1ª época

!Transf2=área de banana transferida para 2ª época

!ProFeij1=Produção de feijão1

!ProCeb1=Produção de cebola1

!ProAlh1=Produção de alho1

!ProTom1=Produção de tomate1

!ProFeij2=Produção de feijão2

!ProCeb2=Produção de cebola2

!ProAlh2=Produção de alho2

!ProTom2=Produção de tomate2

!ProdBan=Produção de banana

!TRPT1=Tracção preparação do terreno1

!TRPT2= Tracção preparação do terreno2

!TRS1= Tracção sementeira1

!TRS2= Tracção sementeira2

!TCOL1=Tracção de colheita1

!TCOL2=Tracção de colheita2

!TCOLBAN=Tracção de colheita da Banana

!MOS1=mão de obra sementeira 1

!MOS2=mão de obra sementeira 2

!MOC1=mão de obra colheita 1

!MOC2=mão de obra colheita 2

!CAGUA=custo da agua

!AGUA=consumo de água

!Função Objectivo

1) Max

$0.1\text{ProFeij1} + 0.075\text{ProCeb1} + 0.200\text{ProAlh1} + 0.1\text{ProTom1} + 0.1\text{ProFeij2} + 0.075\text{ProCeb2} + 0.200\text{ProAlh2} + 0.1\text{ProTom2} + 0.060\text{ProdBan} - 3.5\text{TRPT1} - 3.5\text{TRPT2} - 3.5\text{TRS1} - 3.5\text{TRS2} - 3.5\text{TCOL1} - 3.5\text{TCOL2} - 3.5\text{TCOLBAN} - 6.5\text{MOS1} - 6.5\text{MOS2} - 6.5\text{MOC1} - 6.5\text{MOC2} - 7\text{MOCOLBAN} - \text{COT} - \text{CAGUA}$ (milhares de KZ)

st

!Definição das restrições do problema

!Terra

$\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} + \text{Tom1} - \text{transf1} \leq 40.5$ (hectares)

$\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} + \text{Tom2} - \text{transf2} \leq 40.5$ (hectares)
 $\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} - 0.35\text{Tom1} < 0$ (hectares)
 $-\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} < 0$ (hectares)
 $-\text{Ceb1} + \text{Alh1} < 0$ (hectares)
 $\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} - 0.35\text{Tom2} < 0$ (hectares)
 $-\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} < 0$ (hectares)
 $-\text{Ceb2} + \text{Alh2} < 0$ (hectares)
 $\text{Ban} + \text{transf1} < 137$ (hectares)
 $\text{Ban} + \text{transf2} < 137$ (hectares)
 !Produção
 $-2500\text{Feij1} + \text{ProFeij1} < 0$ (kg)
 $-15000\text{Ceb1} + \text{ProCeb1} < 0$ (kg)
 $-6000\text{Alh1} + \text{ProAlh1} < 0$ (kg)
 $-7000\text{Tom1} + \text{ProTom1} < 0$ (kg)
 $-2500\text{Feij2} + \text{ProFeij2} < 0$ (kg)
 $-15000\text{Ceb2} + \text{ProCeb2} < 0$ (kg)
 $-6000\text{Alh2} + \text{ProAlh2} < 0$ (kg)
 $-7000\text{Tom2} + \text{ProTom2} < 0$ (kg)
 $-20000\text{Ban} + \text{ProdBan} < 0$ (kg)
 !Operações Culturais
 !Preparação do terreno 1ª epoca
 $3.5\text{Feij1} + 5\text{Ceb1} + 5\text{Alh1} + 4\text{Tom1} - \text{TRPT1} \leq 0$ (horas)
 !Preparação do terreno 2ª epoca
 $3.5\text{Feij2} + 5\text{Ceb2} + 5\text{Alh2} + 4\text{Tom2} - \text{TRPT2} \leq 0$ (horas)
 !Sementeira amanhos granjeios 1ª epoca
 $3\text{Feij1} + 3.5\text{Ceb1} + 3.5\text{Alh1} + 3.5\text{Tom1} + 2.5\text{Ban} - \text{TRS1} \leq 0$ (horas)
 !Sementeira amanhos granjeios 2ª epoca
 $3\text{Feij2} + 3.5\text{Ceb2} + 3.5\text{Alh2} + 3.5\text{Tom2} + 2.5\text{Ban} - \text{TRS2} \leq 0$ (horas)
 !colheita 1ª epoca
 $\text{Feij1} + 2\text{Alh1} + 2\text{Ceb1} - \text{TCOL1} \leq 0$ (horas)
 !colheita 2ª epoca
 $\text{Feij2} + 2\text{Alh2} + 2\text{Ceb2} - \text{TCOL2} \leq 0$ (horas)
 !colheita banana
 $16\text{Ban} - \text{TCOLBan} < 0$ (horas)
 !Mão de obra sementeira 1ª época
 $19\text{Ceb1} + 19\text{Alh1} + 9\text{Tom1} - \text{MOS1} \leq 0$ (UHT)
 !Mão de obra colheita 1ª epoca
 $10\text{Ceb1} + 10\text{Alh1} + 10\text{Feij1} + 20\text{Tom1} - \text{MOC1} \leq 0$ (UHT)
 !Mão de obra sementeira 2ª época
 $19\text{Ceb2} + 19\text{Alh2} + 9\text{Tom2} - \text{MOS2} \leq 0$ (UHT)
 !Mão de obra colheita 2ª epoca
 $10\text{Ceb2} + 10\text{Alh2} + 10\text{Feij2} + 20\text{Tom2} - \text{MOC2} \leq 0$ (UHT)
 $20\text{Ban} - \text{MOCOLBAN} < 0$ (UHT)
 !Água
 $4.250\text{Feij1} + 4.500\text{Ceb1} + 4.500\text{Alh1} + 5.000\text{Tom1} + 4.250\text{Feij2} + 4.500\text{Ceb2} + 4.500\text{Alh2} + 5.000\text{Tom2} + 17.000\text{Ban} - \text{AGUA} < 0$ (milhares de m³)
 !Custo da água
 $0.600\text{Feij1} + 0.600\text{Ceb1} + 0.600\text{Alh1} + 0.600\text{Tom1} + 0.600\text{Feij2} + 0.600\text{Ceb2} + 0.600\text{Alh2} + 0.600\text{Tom2} + 0.600\text{Ban} - \text{CAGUA} \leq 0$ (milhares de KZ)
 !Custo total

41.8Feij1+558.7Ceb1+399.7Alh1+241.3Tom1+41.8Feij2+558.7Ceb2+399.7Alh2+241.
3Tom2+
420.18348Ban-COT<0 (milhares de KZ)
End

ANEXO 2

Modelo original com tarifa fixa por superfície (600 Kz/hectare)

Max

$0.1\text{ProFeij1} + 0.075\text{ProCeb1} + 0.200\text{ProAlh1} + 0.1\text{ProTom1} + 0.1\text{ProFeij2} + 0.075\text{ProCeb2} + 0.200\text{ProAlh2} + 0.1\text{ProTom2} + 0.060\text{ProdBan} - 3.5\text{TRPT1} - 3.5\text{TRPT2} - 3.5\text{TRS1} - 3.5\text{TRS2} - 3.5\text{TCOL1} - 3.5\text{TCOL2} - 3.5\text{TCOLBAN} - 6.5\text{MOS1} - 6.5\text{MOS2} - 6.5\text{MOC1} - 6.5\text{MOC2} - 7\text{MOCOLBAN} - \text{COT} - \text{CAGUA}$

st

!Definição das restrições do problema

!Terra

$\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} + \text{Tom1} - \text{transf1} \leq 40.5$

$\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} + \text{Tom2} - \text{transf2} \leq 40.5$

$\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} - 0.35\text{Tom1} < 0$

$-\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} < 0$

$-\text{Ceb1} + \text{Alh1} < 0$

$\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} - 0.35\text{Tom2} < 0$

$-\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} < 0$

$-\text{Ceb2} + \text{Alh2} < 0$

$\text{Ban} + \text{transf1} < 137$

$\text{Ban} + \text{transf2} < 137$

!Produção

$-2500\text{Feij1} + \text{ProFeij1} < 0$

$-15000\text{Ceb1} + \text{ProCeb1} < 0$

$-6000\text{Alh1} + \text{ProAlh1} < 0$

$-7000\text{Tom1} + \text{ProTom1} < 0$

$-2500\text{Feij2} + \text{ProFeij2} < 0$

$-15000\text{Ceb2} + \text{ProCeb2} < 0$

$-6000\text{Alh2} + \text{ProAlh2} < 0$

$-7000\text{Tom2} + \text{ProTom2} < 0$

$-20000\text{Ban} + \text{ProdBan} < 0$

!Operações Culturais

!Preparação do terreno 1ª epoca

$3.5\text{Feij1} + 5\text{Ceb1} + 5\text{Alh1} + 4\text{Tom1} - \text{TRPT1} \leq 0$

!Preparação do terreno 2ª epoca

$3.5\text{Feij2} + 5\text{Ceb2} + 5\text{Alh2} + 4\text{Tom2} - \text{TRPT2} \leq 0$

!Sementeira amanhos granjeios 1ª epoca

$3\text{Feij1} + 3.5\text{Ceb1} + 3.5\text{Alh1} + 3.5\text{Tom1} + 2.5\text{Ban} - \text{TRS1} \leq 0$

!Sementeira amanhos granjeios 2ª epoca

$3\text{Feij2} + 3.5\text{Ceb2} + 3.5\text{Alh2} + 3.5\text{Tom2} + 2.5\text{Ban} - \text{TRS2} \leq 0$

!colheita 1ª epoca

$\text{Feij1} + 2\text{Alh1} + 2\text{Ceb1} - \text{TCOL1} \leq 0$

!colheita 2ª epoca

$\text{Feij2} + 2\text{Alh2} + 2\text{Ceb2} - \text{TCOL2} \leq 0$

!colheita banana

$16\text{Ban} - \text{TCOLBan} < 0$

!Mão de obra sementeira 1ª época

$19\text{Ceb1} + 19\text{Alh1} + 9\text{Tom1} - \text{MOS1} \leq 0$

!Mão de obra colheita 1ª epoca

$10\text{Ceb1} + 10\text{Alh1} + 10\text{Feij1} + 20\text{Tom1} - \text{MOC1} \leq 0$

!Mão de obra sementeira 2ª época
 $19\text{Ceb}2 + 19\text{Alh}2 + 9\text{Tom}2 - \text{MOS}2 \leq 0$
 ! Mão de obra colheita 2ª época
 $10\text{Ceb}2 + 10\text{Alh}2 + 10\text{Feij}2 + 20\text{Tom}2 - \text{MOC}2 \leq 0$
 $20\text{Ban} - \text{MOCOLBAN} < 0$
 !Água
 $4.250\text{Feij}1 + 4.500\text{Ceb}1 + 4.500\text{Alh}1 + 5.000\text{Tom}1 + 4.250\text{Feij}2 + 4.500\text{Ceb}2 + 4.500\text{Alh}2 + 5.000\text{Tom}2 + 17.000\text{Ban} - \text{AGUA} < 0$
 !Custo da água
 $0.600\text{Feij}1 + 0.600\text{Ceb}1 + 0.600\text{Alh}1 + 0.600\text{Tom}1 + 0.600\text{Feij}2 + 0.600\text{Ceb}2 + 0.600\text{Alh}2 + 0.600\text{Tom}2 + 0.600\text{Ban} - \text{CAGUA} \leq 0$
 !Custo total
 $41.8\text{Feij}1 + 558.7\text{Ceb}1 + 399.7\text{Alh}1 + 241.3\text{Tom}1 + 41.8\text{Feij}2 + 558.7\text{Ceb}2 + 399.7\text{Alh}2 + 241.3\text{Tom}2 + 420.18348\text{Ban} - \text{COT} < 0$
 End

ANEXO 3

Modelo com disponibilidade de água fixada

Max

$0.1\text{ProFeij1} + 0.075\text{ProCeb1} + 0.200\text{ProAlh1} + 0.1\text{ProTom1} + 0.1\text{ProFeij2} + 0.075\text{ProCeb2} + 0.200\text{ProAlh2} + 0.1\text{ProTom2} + 0.060\text{ProdBan} - 3.5\text{TRPT1} - 3.5\text{TRPT2} - 3.5\text{TRS1} - 3.5\text{TRS2} - 3.5\text{TCOL1} - 3.5\text{TCOL2} - 3.5\text{TCOLBAN} - 6.5\text{MOS1} - 6.5\text{MOS2} - 6.5\text{MOC1} - 6.5\text{MOC2} - 7\text{MOCOLBAN} - \text{COT} - \text{CAGUA}$

st

!Definição das restrições do problema

!Terra

$\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} + \text{Tom1} - \text{transf1} \leq 40.5$

$\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} + \text{Tom2} - \text{transf2} \leq 40.5$

$\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} - 0.35\text{Tom1} < 0$

$-\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} < 0$

$-\text{Ceb1} + \text{Alh1} < 0$

$\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} - 0.35\text{Tom2} < 0$

$-\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} < 0$

$-\text{Ceb2} + \text{Alh2} < 0$

$\text{Ban} + \text{transf1} < 137$

$\text{Ban} + \text{transf2} < 137$

!Produção

$-2500\text{Feij1} + \text{ProFeij1} < 0$

$-15000\text{Ceb1} + \text{ProCeb1} < 0$

$-6000\text{Alh1} + \text{ProAlh1} < 0$

$-7000\text{Tom1} + \text{ProTom1} < 0$

$-2500\text{Feij2} + \text{ProFeij2} < 0$

$-15000\text{Ceb2} + \text{ProCeb2} < 0$

$-6000\text{Alh2} + \text{ProAlh2} < 0$

$-7000\text{Tom2} + \text{ProTom2} < 0$

$-20000\text{Ban} + \text{ProdBan} < 0$

!Operações Culturais

!Preparação do terreno 1ª epoca

$3.5\text{Feij1} + 5\text{Ceb1} + 5\text{Alh1} + 4\text{Tom1} - \text{TRPT1} \leq 0$

!Preparação do terreno 2ª epoca

$3.5\text{Feij2} + 5\text{Ceb2} + 5\text{Alh2} + 4\text{Tom2} - \text{TRPT2} \leq 0$

!Sementeira amanhos granjeios 1ª epoca

$3\text{Feij1} + 3.5\text{Ceb1} + 3.5\text{Alh1} + 3.5\text{Tom1} + 2.5\text{Ban} - \text{TRS1} \leq 0$

!Sementeira amanhos granjeios 2ª epoca

$3\text{Feij2} + 3.5\text{Ceb2} + 3.5\text{Alh2} + 3.5\text{Tom2} + 2.5\text{Ban} - \text{TRS2} \leq 0$

!colheita 1ª epoca

$\text{Feij1} + 2\text{Alh1} + 2\text{Ceb1} - \text{TCOL1} \leq 0$

!colheita 2ª epoca

$\text{Feij2} + 2\text{Alh2} + 2\text{Ceb2} - \text{TCOL2} \leq 0$

!colheita banana

$16\text{Ban} - \text{TCOLBan} < 0$

!Mão de obra sementeira 1ª época

$19\text{Ceb1} + 19\text{Alh1} + 9\text{Tom1} - \text{MOS1} \leq 0$

! Mão de obra colheita 1ª epoca

10Ceb1+10Alh1+10Feij1+20Tom1-MOC1<=0
 !Mão de obra sementeira 2ª época
 19Ceb2+19Alh2+9Tom2-MOS2<=0
 ! Mão de obra colheita 2ª época
 10Ceb2+10Alh2+10Feij2+20Tom2-MOC2<=0
 20Ban-MOCOLBAN<0
 !Água
 4.250Feij1+4.500Ceb1+4.500Alh1+5.000Tom1+4.250Feij2+4.500Ceb2+4.500Alh2+5.
 000Tom2+ 17.000Ban<2720.875
 !Custo da água
 0.600Feij1+0.600Ceb1+0.600Alh1+0.600Tom1+0.600Feij2+0.600Ceb2+0.600Alh2+0.
 600Tom2+0.600Ban-CAGUA<=0
 !Custo total
 41.8Feij1+558.7Ceb1+399.7Alh1+241.3Tom1+41.8Feij2+558.7Ceb2+399.7Alh2+241.
 3Tom2+
 420.18348Ban-COT<0
 End

RIGHTHANDSIDE PARAMETRICS REPORT FOR ROW: 33

VAR OUT	VAR IN	PIVOT ROW	RHS VAL	DUAL PRICE BEFORE PIVOT	OBJ VAL
			2720.88	7.70542	
98129.1					
PRODBAN	SLK	2	32	1717.48	7.70542
90397.5					
PROCEB1	SLK	3	13	858.739	52.6339
45198.7					
PROCEB2	SLK	6	17	0.000000E+00	52.6339
0.337207E-03					-

ANEXO 4

Modelo com TARIFA VOLUMÉTRICA SIMPLES

Max

$0.1\text{ProFeij1} + 0.075\text{ProCeb1} + 0.200\text{ProAlh1} + 0.1\text{ProTom1} + 0.1\text{ProFeij2} + 0.075\text{ProCeb2} + 0.200\text{ProAlh2} + 0.1\text{ProTom2} + 0.060\text{ProdBan} - 3.5\text{TRPT1} - 3.5\text{TRPT2} - 3.5\text{TRS1} - 3.5\text{TRS2} - 3.5\text{TCOL1} - 3.5\text{TCOL2} - 3.5\text{TCOLBAN} - 6.5\text{MOS1} - 6.5\text{MOS2} - 6.5\text{MOC1} - 6.5\text{MOC2} - 7\text{MOCOLBAN} - \text{COT} - 0\text{AGUA}$

st

!Definição das restrições do problema

!Terra

$\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} + \text{Tom1} - \text{transf1} \leq 40.5$

$\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} + \text{Tom2} - \text{transf2} \leq 40.5$

$\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} - 0.35\text{Tom1} < 0$

$-\text{Feij1} + \text{Ceb1} + \text{Alh1} < 0$

$-\text{Ceb1} + \text{Alh1} < 0$

$\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} - 0.35\text{Tom2} < 0$

$-\text{Feij2} + \text{Ceb2} + \text{Alh2} < 0$

$-\text{Ceb2} + \text{Alh2} < 0$

$\text{Ban} + \text{transf1} < 137$

$\text{Ban} + \text{transf2} < 137$

!Produção

$-2500\text{Feij1} + \text{ProFeij1} < 0$

$-15000\text{Ceb1} + \text{ProCeb1} < 0$

$-6000\text{Alh1} + \text{ProAlh1} < 0$

$-7000\text{Tom1} + \text{ProTom1} < 0$

$-2500\text{Feij2} + \text{ProFeij2} < 0$

$-15000\text{Ceb2} + \text{ProCeb2} < 0$

$-6000\text{Alh2} + \text{ProAlh2} < 0$

$-7000\text{Tom2} + \text{ProTom2} < 0$

$-20000\text{Ban} + \text{ProdBan} < 0$

!Operações Culturais

!Preparação do terreno 1ª epoca

$3.5\text{Feij1} + 5\text{Ceb1} + 5\text{Alh1} + 4\text{Tom1} - \text{TRPT1} \leq 0$

!Preparação do terreno 2ª epoca

$3.5\text{Feij2} + 5\text{Ceb2} + 5\text{Alh2} + 4\text{Tom2} - \text{TRPT2} \leq 0$

!Sementeira amanhos granjeios 1ª epoca

$3\text{Feij1} + 3.5\text{Ceb1} + 3.5\text{Alh1} + 3.5\text{Tom1} + 2.5\text{Ban} - \text{TRS1} \leq 0$

!Sementeira amanhos granjeios 2ª epoca

$3\text{Feij2} + 3.5\text{Ceb2} + 3.5\text{Alh2} + 3.5\text{Tom2} + 2.5\text{Ban} - \text{TRS2} \leq 0$

!colheita 1ª epoca

$\text{Feij1} + 2\text{Alh1} + 2\text{Ceb1} - \text{TCOL1} \leq 0$

!colheita 2ª epoca

$\text{Feij2} + 2\text{Alh2} + 2\text{Ceb2} - \text{TCOL2} \leq 0$

!colheita banana

$16\text{Ban} - \text{TCOLBan} < 0$

!Mão de obra sementeira 1ª época

$19\text{Ceb1} + 19\text{Alh1} + 9\text{Tom1} - \text{MOS1} \leq 0$

! Mão de obra colheita 1ª epoca

$10Ceb1 + 10Alh1 + 10Feij1 + 20Tom1 - MOC1 \leq 0$
 !Mão de obra sementeira 2ª época
 $19Ceb2 + 19Alh2 + 9Tom2 - MOS2 \leq 0$
 ! Mão de obra colheita 2ª época
 $10Ceb2 + 10Alh2 + 10Feij2 + 20Tom2 - MOC2 \leq 0$
 $20Ban - MOCOLBAN < 0$
 !Consumo água
 $4.250Feij1 + 4.500Ceb1 + 4.500Alh1 + 5.000Tom1 + 4.250Feij2 + 4.500Ceb2 + 4.500Alh2 + 5.000Tom2 + 17.000Ban - AGUA < 0$
 !Custo total
 $41.8Feij1 + 558.7Ceb1 + 399.7Alh1 + 241.3Tom1 + 41.8Feij2 + 558.7Ceb2 + 399.7Alh2 + 241.3Tom2 + 420.18348Ban - COT < 0$
 End

ANEXO 5

Modelo com TARIFA VOLUMÉTRICA VARIÁVEL

Considerar escalões com preço diferente por escalão (aumentando do 1º para o 3º)

Por exemplo:

1º escalão

AGUA1<1000 (milhares de m3)

2º escalão

AGUA2<1000 (milhares de m3)

3º escalão

AGUA3<1000 (milhares de m3)

Max $0.1ProFeij1 + 0.075ProCeb1 + 0.200ProAlh1 + 0.1ProTom1 +$
 $0.1ProFeij2 + 0.075ProCeb2 + 0.200ProAlh2 + 0.1ProTom2 + 0.060ProdBan -$
 $3.5TRPT1 - 3.5TRPT2 - 3.5TRS1 - 3.5TRS2 - 3.5TCOL1 - 3.5TCOL2 - 3.5TCOLBAN -$
 $6.5MOS1 - 6.5MOS2 - 6.5MOC1 - 6.5MOC2 - 7MOCOLBAN - COT - 1AGUA1 - 2AGUA2 -$
 $3AGUA3$

st

!Definição das restrições do problema

!Terra

$Feij1 + Ceb1 + Alh1 + Tom1 - transf1 \leq 40.5$

$Feij2 + Ceb2 + Alh2 + Tom2 - transf2 \leq 40.5$

$Feij1 + Ceb1 + Alh1 - 0.35Tom1 < 0$

$-Feij1 + Ceb1 + Alh1 < 0$

$-Ceb1 + Alh1 < 0$

$Feij2 + Ceb2 + Alh2 - 0.35Tom2 < 0$

$-Feij2 + Ceb2 + Alh2 < 0$

$-Ceb2 + Alh2 < 0$

$Ban + transf1 < 137$

$Ban + transf2 < 137$

!Produção

$-2500Feij1 + ProFeij1 < 0$

$-15000Ceb1 + ProCeb1 < 0$

$-6000Alh1 + ProAlh1 < 0$

$-7000Tom1 + ProTom1 < 0$

$-2500Feij2 + ProFeij2 < 0$

$-15000Ceb2 + ProCeb2 < 0$

$-6000Alh2 + ProAlh2 < 0$

$-7000Tom2 + ProTom2 < 0$

$-20000Ban + ProdBan < 0$

!Operações Culturais

!Preparação do terreno 1ª epoca

$3.5Feij1 + 5Ceb1 + 5Alh1 + 4Tom1 - TRPT1 \leq 0$

!Preparação do terreno 2ª epoca

$3.5Feij2 + 5Ceb2 + 5Alh2 + 4Tom2 - TRPT2 \leq 0$

!Sementeira amanhos granjeios 1ª epoca

$3Feij1 + 3.5Ceb1 + 3.5Alh1 + 3.5Tom1 + 2.5Ban - TRS1 \leq 0$

!Sementeira amanhos granjeios 2ªepoca
 $3\text{Feij2} + 3.5\text{Ceb2} + 3.5\text{Alh2} + 3.5\text{Tom2} + 2.5\text{Ban} - \text{TRS2} \leq 0$
 !colheita 1ª epoca
 $\text{Feij1} + 2\text{Alh1} + 2\text{Ceb1} - \text{TCOL1} \leq 0$
 !colheita 2ª epoca
 $\text{Feij2} + 2\text{Alh2} + 2\text{Ceb2} - \text{TCOL2} \leq 0$
 !colheita banana
 $16\text{Ban} - \text{TCOLBan} < 0$
 !Mão de obra sementeira 1ª época
 $19\text{Ceb1} + 19\text{Alh1} + 9\text{Tom1} - \text{MOS1} \leq 0$
 ! Mão de obra colheita 1ª epoca
 $10\text{Ceb1} + 10\text{Alh1} + 10\text{Feij1} + 20\text{Tom1} - \text{MOC1} \leq 0$
 !Mão de obra sementeira 2ª época
 $19\text{Ceb2} + 19\text{Alh2} + 9\text{Tom2} - \text{MOS2} \leq 0$
 ! Mão de obra colheita 2ª epoca
 $10\text{Ceb2} + 10\text{Alh2} + 10\text{Feij2} + 20\text{Tom2} - \text{MOC2} \leq 0$
 $20\text{Ban} - \text{MOCOLBAN} < 0$
 !consumo agua
 $4.250\text{Feij1} + 4.500\text{Ceb1} + 4.500\text{Alh1} + 5.000\text{Tom1} + 4.250\text{Feij2} + 4.500\text{Ceb2} + 4.500\text{Alh2} + 5.000\text{Tom2} + 17.000\text{Ban} - \text{AGUA1} - \text{AGUA2} - \text{AGUA3} < 0$
 $\text{AGUA1} < 1000$
 $\text{AGUA2} < 1000$
 $\text{AGUA3} < 1000$
 !Custo total
 $41.8\text{Feij1} + 558.7\text{Ceb1} + 399.7\text{Alh1} + 241.3\text{Tom1} + 41.8\text{Feij2} + 558.7\text{Ceb2} + 399.7\text{Alh2} + 241.3\text{Tom2} + 420.18348\text{Ban} - \text{COT} < 0$
 End