

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SARA CAROLINA SOARES GUERRA

**SUBSÍDIO AO APRIMORAMENTO DO MANEJO DA
IRRIGAÇÃO DE CONSÓRCIOS AGROFLORESTAIS EM
SITUAÇÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA**

VITÓRIA
2014

SARA CAROLINA SOARES GUERRA

**SUBSÍDIO AO APRIMORAMENTO DO MANEJO DA
IRRIGAÇÃO DE CONSÓRCIOS AGROFLORESTAIS EM
SITUAÇÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração em Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Phd. Edmilson Costa Teixeira

Co-Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis

VITÓRIA

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

G934s Guerra, Sara Carolina Soares, 1988-
Subsídio ao aprimoramento do manejo da irrigação de
consórcios agroflorestais em situação de escassez hídrica / Sara
Carolina Soares Guerra. – 2014.
98 f. : il.

Orientador: Edmilson Costa Teixeira.
Coorientador: Edvaldo Fialho dos Reis.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Recursos hídricos – Administração. 2. Recursos hídricos –
Manejo. 3. Irrigação com déficit hídrico. 4. Agrossilvicultura. 5.
Consórcios. I. Teixeira, Edmilson Costa. II. Reis, Edvaldo Fialho
dos. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro
Tecnológico. IV. Título.

CDU: 628

SARA CAROLINA SOARES GUERRA

**SUBSÍDIO AO APRIMORAMENTO DO MANEJO DA
IRRIGAÇÃO DE CONSÓRCIOS AGROFLORESTAIS EM
SITUAÇÃO DE ESCASSEZ HÍDRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental, na área de concentração em Recursos Hídricos.

COMISSÃO EXAMINADORA

Orientador: Prof. Phd. Edmilson Costa Teixeira
Universidade Federal do Espírito Santo

Co-Orientador: Edvaldo Fialho dos Reis
Universidade Federal do Espírito Santo

Examinador Interno: José Antônio Tosta dos Reis
Universidade Federal do Espírito Santo

Examinador Externo: Marcos Vinícius Folegatti
Universidade de São Paulo

AGRADECIMENTOS

A Deus, força e sabedoria sem fim, sem o qual nada poderia ser construído.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de abrir a mente a novos conhecimentos.

À CAPES, pelo apoio financeiro e pela independência dada.

Ao Professor Edmilson Costa Teixeira, por ter acreditado em minha capacidade.

Aos professores do PPGEA, pelos novos ensinamentos adquiridos.

À família LABGEST, que com todas as dificuldades sempre tenta ajudar da melhor maneira possível. Em especial às amigas que conquistei aqui, Bia, Anna, Dani, Cintia e Karla, sem o Clube da Empada seria difícil conseguir estudar até mais tarde.

Ao meu namorado, Henrique, pelo apoio e principalmente paciência; seu companheirismo, amor e amizade foram fundamentais.

A minha família, minha base. A distância fez com que nos aproximássemos e, mesmo cansando-me com 15 minutos (ou seriam cinco?), são meu porto seguro para todas as horas.

RESUMO

A demanda por água do setor agrícola vem crescendo a cada ano, bem como o aperfeiçoamento do manejo da irrigação. Ainda assim, em locais onde a água encontra-se escassa, os conflitos entre usos e usuários devido a disputas para acesso à água tendem a se intensificar. Na maioria das vezes esse problema está relacionado à ausência de cobertura florestal, levando, por vezes, a problemas socioambientais. Nesse contexto, a pesquisa buscou avaliar o impacto da implantação de sistemas agroflorestais (SAF's) irrigados na condição hídrica local (de escassez), estabelecendo-se estratégias que os torne atrativos ambiental-social- e economicamente. Assim, por meio de simulação computacional, alternativas de consórcios agroflorestais foram avaliadas, tomando-se como referência uma região piloto, típica da agricultura espírito-santense, constituída por pequenas propriedades agrícolas de base familiar, inseridas parcialmente em APPs. As espécies banana, pupunha e goiaba foram selecionadas para compor os cenários agroflorestais. Os resultados da pesquisa mostram que os SAF's irrigados são uma alternativa no sentido de minimizar os conflitos por demandas de água em regiões de escassez hídrica, com a redução de tais demandas o comprometimento de rendimentos financeiros. Além disso, os SAF's são alternativas para diversificação da renda e para tentar controlar a sazonalidade dos preços de mercado.

Palavras-chave: demanda hídrica; gestão de recursos hídricos, escassez, consórcios agroflorestais, manejo de recursos hídricos; irrigação.

ABSTRACT

The output of the agricultural sector has been growing every year, which has also led to increased demand for water as well as the improvement of irrigation management . In places where water is scarce , conflicts between uses and users over disputes to access to water tend to intensify. In some situations , the development of agricultural production occurs in regions with low forest and / or coverage in areas with environmental constraints, such as permanent preservation . In both cases the increase in forest cover will contribute to improving local water availability , and may lead to other environmental benefits . In this context , the research sought to evaluate the impact of implementation of irrigated agroforestry systems on the local water conditions (scarcity) , establishing strategies that make them attractive environmental - and social - economically. To ground the research, were raised reviewed / discussed key topics such as water resources management , policy integration , agroforestry systems , computational simulation and environmental management of agricultural property . Thus , through computer simulation , alternative agroforestry systems were evaluated , taking as reference pilot region , typical of the spirit Santo's agriculture , consisting of small farms , family- based , partially inserted in PPAs . The research results show that the irrigated agroforestry systems are a promising alternative to minimize conflicts over water demands in water deficit regions , without compromising financial income . Other environmental benefits are are even mentioned. Finally, some technical recommendations were made, aiming to educate producers and agricultural and environmental managers , as well as recommendations for future research .

Keywords: water demand, water resources management, water shortage, agroforestry systems, water resource management, irrigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O Sistema Agroflorestal como uma interface entre a agricultura e a floresta em resposta as necessidades especiais e condições de países em desenvolvimento	17
Figura 2 – Esquema das interações que ocorrem em um SAF e a resposta em produtividade após a intervenção no momento adequado. A1 E B1 representam a produtividade máxima em monocultura, enquanto que a linha A1 para B1 representa a produtividade de ambas crescendo em consórcio.....	19
Figura 3 - Características do balanço hídrico em uma bacia não degradada.....	21
Figura 4 - Modificações no escoamento e evapotranspiração devido ao desmatamento numa bacia no sul da África	22
Figura 5 - Localização da bacia do Córrego Sossego.....	26
Figura 6 - Regiões climáticas delimitadas para o cultivo de pupunha no ES. Região 1 - Restrita, com insuficiência térmica e pequena deficiência hídrica. Região 2 - Restrita com insuficiência térmica e deficiência hídrica. Região 3 - Restrita a moderada, com deficiência hídrica e suficiência térmica. Região 4 - Moderada, com deficiência hídrica e suficiência térmica. Região 5 - Alta restrição a deficiência hídrica e suficiência térmica	36
Figura 7 - Cenário 1 - Monocultura da banana com espaçamento 3x3 metros	48
Figura 8 - Cenário 2 - Monocultura da banana com espaçamento alterado para 18x3 metros	49
Figura 9 - Cenário 3 - Sistema Agroflorestal formado por banana e pupunha.....	49
Figura 10 – Cenário4 - Sistema Agroflorestal formado por banana e goiaba	49
Figura 11 - Cenário 5 - Sistema Agroflorestal formado por banana e pupunha, em áreas sem restrição	49
Figura 12 - Cenário 6 - Sistema Agroflorestal formado por banana e goiaba, em áreas sem restrição	50
Figura 13 - Representação de um plantio de banana 3 x 3 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados negros = vazio	51

Figura 14 – Representação de um plantio de banana 18 x 3 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados negros = vazio	51
Figura 15 - Representação de um plantio agroflorestal de banana 18 x 3 metros e pupunha 6 x 6 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados Vermelhos = pupunha; Quadrados negros = vazio.....	52
Figura 16 - Representação de um plantio agroflorestal de banana 18 x 3 metros e goiaba 6 x 6 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados Verdes = goiaba; Quadrados negros = vazio	52
Figura 17 - Representação de um plantio agroflorestal de banana 18 x 3 metros e pupunha 6 x 6 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados Vermelhos = pupunha; Quadrados negros = vazio.....	53
Figura 18 - Representação de um plantio agroflorestal de banana 3 x 3 metros e goiaba 6 x 6 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados Verdes = goiaba; Quadrados negros = vazio	53
Figura 19 - Linha do tempo com relação ao balanço hídrico da análise dos conflitos existentes entre espécies agrícolas e florestais ao longo do ciclo das culturas	54
Figura 20 - Ilustração de como uma árvore é capaz de prolongar suas raízes em respostas a áreas mais molhadas do solo	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Demanda hídrica x coeficiente de cultura para o monocultivo da banana (espaçamento 3x3).....	58
Gráfico 2 - Demanda hídrica x Evapotranspiração de referência para o monocultivo da banana (espaçamento 3x3).....	59
Gráfico 3 - Demanda hídrica x coeficiente de cultura para o monocultivo da banana (espaçamento 18x3).....	60
Gráfico 4 - Demandas hídricas comparativas entre os plantios de banana 3x3 e 18x3.....	61
Gráfico 5- Demanda comparativa entre Cenários 1 (banana 3x3),2 (banana 18x3) e 3 (banana 18x3 e pupunha 6x6)	62
Gráfico 6 - Coeficiente de cultura comparativo ao longo dos anos para as culturas Banana e Pupunha, quando considerados ciclos de replantio e ciclos de rebrota	65
Gráfico 7 – Demanda hídrica comparativa entre os Cenários 1 (banana 3x3), 2 (banana 18x3) e 4 (sistema agroflorestal entre banana e goiaba).....	66
Gráfico 8 - Coeficientes de cultura para as culturas da banana e goiaba	68
Gráfico 9 - Demanda hídrica comparativa entre os cenários 3 (banana com pupunha) e 4 (banana com goiaba).....	70
Gráfico 10 - Demanda hídrica dos diferentes Cenários ao longo dos anos analisados. Cenário 1 monocultura da banana no espaçamento 3x3 metros, Cenário 2 monocultura da banana no espaçamento 18x3 metros; Cenário 3 sistema agroflorestal de banana com pupunha; Cenário 4 sistema agroflorestal de banana com goiaba	71
Gráfico 11 - A linha do tempo correlacionada com os coeficientes de cultura das espécies. Período inicial, onde há crescimento no Kc, período de transição, onde o coeficiente é reduzido, e período final, quando chega a um período de estabilidade. As linhas em vermelho indicam quando as espécies de banana e pupunha estabilizam a demanda.....	72

Gráfico 12 - Demanda hídrica comparativa entre os Cenário 1 (monocultura da banana 3x3), 5 (sistema agroflorestal entre banana e pupunha) e 6 (sistema agroflorestal entre banana e goaiba).....	74
Gráfico 13- Demanda hídrica comparativa entre os Cenários 1, 5 e 6, apresentando-se a demanda da banana dentro dos sistemas agroflorestais separadamente.....	75
Gráfico 14 - Comparativo de demanda hídrica entre Cenários 1 e 4, correlacionando com o Coeficiente de Cultura da Goiaba.....	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Diferenças nos componentes do balanço-hídrico entre um Sistema Agroflorestal com 50% de cobertura arbórea e um monocultivo	20
Quadro 2 - Porcentagem de interceptação da água de chuva pela copa das árvores de diferentes comunidades. Adaptado de Carlyle-Moses (2004).....	24
Quadro 3 - Principais culturas desenvolvidas em diversas propriedades na bacia do Córrego Sossego	28
Quadro 4 - Espécies que serão plantadas sob sistema de consórcio por diferentes proprietários na sub-bacia do Córrego Sossego	32
Quadro 5 - Grupo de culturas de acordo com a sensibilidade ao déficit de água no solo	42
Quadro 6- Fator de disponibilidade hídrica (f) em função do grupo de culturas e evapotranspiração de referência (ET ₀).....	42
Quadro 7- Dados das análises de solo utilizados.....	44
Quadro 8 - Resumo dos cenários a serem simulados	48
Quadro 9 – Renda principal e Usos Múltiplos das Espécies	79

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo Geral	12
2.2	Objetivos Específicos	12
3.	REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1	Gestão de recursos hídricos e a integração de políticas	13
3.2	Sistemas Agroflorestais	16
3.3	Balanço Hídrico	20
3.4	Escolha do local e caracterização da área de estudo	24
3.5	Manejo da propriedade agrícola	29
3.6	Simulação ambiental	30
4	METODOLOGIA	32
4.1	Motivação para escolha das espécies a serem utilizadas	32
4.1.1	Espécies selecionadas para simulação	33
4.1.1.1	Banana	33
4.1.1.2	Pupunha	35
4.1.1.3	Goiaba	37
4.2	A escolha do software a ser utilizado	38
4.3	Montagem do Banco de Dados	40
4.3.1	Caracterização do sistema de irrigação a ser utilizado	41
4.3.2	Dados das culturas	41

4.3.2.1	Profundidade efetiva do sistema radicular (Z)	41
4.3.2.2	Fator de disponibilidade hídrica (f)	42
4.3.2.3	Coeficiente de cultura (Kc)	43
4.3.3	Dados do Solo	44
4.3.4	Dados Climáticos	45
4.4	Cálculos das necessidades hídricas e análise da influência da cultura florestal sobre o manejo da irrigação de consórcios	46
4.5	Análise Econômica.....	55
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1	Avaliação da influência da cultura florestal sobre o manejo da irrigação da cultura agrícola	56
5.1.1	Área de Preservação Permanente	56
5.1.1.1	Avaliação do cenário utilizado na área tomada como referência para o desenvolvimento do estudo	57
5.1.1.1.1	O plantio com o espaçamento 3 x 3 metros.....	57
5.1.1.1.2	O plantio da cultura da banana com o espaçamento 18 x 3 metros.....	60
5.1.1.1.3	A influência do espaçamento nas necessidades do plantio.....	60
5.1.1.2	Avaliação do Cenário 3 – Banana com Pupunha	62
5.1.1.3	Avaliação do Cenário 4 – Banana com Goiaba.....	66
5.1.1.4	A escolha da cultura florestal: diferenças em relação à escolha da espécie	68
5.1.1.5	Análise integrada de cenários de demanda hídrica.....	71
5.1.2	Demais áreas agricultáveis na propriedade rural – Avaliação dos Cenários 5 (banana com pupunha) e 6 (banana com goiaba).....	73
5.1.3	Análise Econômica.....	77
5.1.3.1	Análise econômica da Área de Preservação Permanente	78

5.1.3.2	Análise econômica das demais áreas cultiváveis da propriedade.....	80
5.2	Diretrizes	81
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	83
6.1	Conclusões	83
6.2	Recomendações.....	85
7	REFERÊNCIAS.....	86

1. INTRODUÇÃO

No Brasil as demandas de água do setor agrícola vêm crescendo cada vez mais, no entanto, nem sempre existe água disponível para suprir esta necessidade. Em locais onde a alta demanda está associada a baixos índices de precipitação, especialmente em locais onde a disponibilidade hídrica é escassa, aumentam também os conflitos pelo uso da água (BONFIM, 2009), tornando necessária maior eficiência na gestão e proteção deste recurso, visando a diminuição dos conflitos e a melhora das condições atuais.

Sendo assim, com o intuito de desenvolver sistemas de produção que, além de apresentarem retorno econômico, sejam capazes de garantir serviços ambientais, a Agência Nacional de Águas (ANA), em seu relatório GEO Brasil Recursos Hídricos, afirmou que é imprescindível que sejam feitos planejamento e manejo integrados dos recursos hídricos (ANA, 2007). O planejamento e o manejo adequados das atividades devem ser realizados para evitar a diminuição da qualidade ambiental, tendo em vista as potencialidades e fragilidades de cada local.

Para o desenvolvimento de sistemas mais sustentáveis é necessário aplicar técnicas adaptadas a cada tipo de cultivo e local, visando garantir a máxima funcionalidade da terra. Nesse sentido, a implantação de sistemas produtivos ambientalmente mais coerentes, como os Sistemas Agroflorestais (SAF), pode ser de grande importância.

Os SAFs são sistemas que priorizam o uso dos recursos renováveis, diminuindo a dependência de insumos externos e melhorando a qualidade do meio. No entanto, diversos autores apontam a falta de informações acerca do manejo de SAFs como fator limitante para sua adoção, ressaltando a necessidade de pesquisas neste sentido (NAIR, 1991; FRANKE *et al.*, 2000; SILVA, 2002; SILVA, 2008; BONFIM, 2009; RAMOS *et al.*, 2009; DEHEUVELS *et al.*, 2012).

A falta de informações provém do modelo de cultivo utilizado no Brasil, que por muitos anos utilizou as mesmas formas de cultivo, sem se preocupar se essas atividades eram ou não danosas ao meio ambiente. Com o passar do tempo, as propriedades, em sua maioria pequenas, se viam na obrigação de conservar dentro de suas áreas, uma porcentagem para reserva legal e áreas de preservação permanente. Como essas áreas eram de grande importância para a subsistência das famílias, eram utilizadas para o plantio de culturas anuais e pastagens, ao invés de preservação (FRANCO, 2000; CORVALÁN & GARCIA, 2011).

A legislação florestal sofreu mudanças consideráveis, principalmente no que tange aos pequenos proprietários rurais. O novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), em alguns artigos, como os

de nº20 e nº 61, libera o plantio de espécies agrícolas juntamente com florestais, em sistemas agroflorestais (SAFs) em Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL), tornando-as aptas ao cultivo através de planos de manejo adequado (BRASIL, 2012), possibilitando uma integração de produção entre as áreas sem restrição e as demais de uso restrito.

Essas mudanças nas formas e finalidades do plantio podem causar variações espaciais e temporais no balanço hídrico, e diversos autores sugerem que sejam feitos estudos para averiguar quais seriam estas mudanças (COSTA *et al.*, 2003; SIRIWARDENA *et al.*, 2006; ZIEGLER *et. al.*, 2007; SANTOS, 2010), já que durante um período inicial pode haver competição entre as espécies.

Para começar a entender as mudanças advindas da modificação do uso do solo, os sistemas agroflorestais simplificados surgem como uma alternativa, modificando gradativamente a condição de plantio em monocultura (espécie agrícola) para a condição de consórcio (agrícola e florestal). Além disso, esse sistema é mais aceito pelos produtores, podendo servir como base inicial em uma transição para sistemas de produção mais sustentáveis (SALES, 2009). Estes sistemas apresentam boa lucratividade quando comparados aos de monocultura (RODIGHERI, 1997; LUNDGREN & RAINTREE, 1983) e, se realizados de forma planejada, com auxílio de irrigação, são ainda mais eficazes.

Para que o planejamento da propriedade agrícola se faça de forma eficaz, a realização de irrigação de maneira correta é um ponto crucial. Diversos estudos vêm comprovando que, apesar do desenvolvimento tecnológico existente, a água na agricultura ainda é subaproveitada (MOUNZER, 2009; LOPES, 2011), e que ainda faltam informações sobre a necessidade hídrica de uma área com mais de uma cultura simultaneamente (ZOMER *et al.* 2007; TOGNI *et al.* 2010), ficando clara a necessidade da realização de pesquisas abrangendo estes sistemas.

Estas pesquisas se tornam ainda mais relevantes em regiões com existência de déficit hídrico. Locais que não possuem água seque para irrigar a cultura agrícola poderão passar por um período de falta d'água ainda mais acentuado com a implantação da cultura florestal (BONFIM, 2009). Para tentar solucionar os conflitos advindos da falta e/ou do manejo incorreto, existem alguns softwares capazes de auxiliar no processo de tomada de decisão através de cálculos de demanda hídrica.

Nesse contexto, foram definidos os objetivos do presente trabalho, e serão expostos no tópico a seguir.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Contribuir para o aprimoramento do manejo da irrigação de consórcios agroflorestais em situações de escassez hídrica.

2.2 Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1: Avaliar, com o auxílio de simulações computacionais, o impacto da implantação de consórcios agroflorestais irrigados na disponibilidade de água em períodos de escassez hídrica;

Objetivo Específico 2: Realizar a análise econômica dos cenários a serem simulados.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Gestão de recursos hídricos e a integração de políticas

A partir dos anos 80, a gestão de recursos hídricos passou a ser parte integrante dos planejamentos realizados no Brasil. O objetivo da gestão era que se integrasse sustentabilidade ambiental, social e econômica (ANA, 2007), a agência afirmou que o avanço das ações de desenvolvimento no âmbito rural só trariam resultados se fossem feitos planejamento e manejo integrados de recursos hídricos.

Para garantir que o manejo adequado ocorra, foram instituídos a Política Nacional dos Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos hídricos, ambos com o objetivo de fornecer água de qualidade e em quantidades adequadas, nos meios rural e urbano (ANA, 2007).

A Lei de nº 9433, que institui a Política Nacional dos Recursos hídricos prevê como diretrizes para ações, a integração da gestão de recursos hídricos juntamente com a gestão ambiental (BRASIL, 1997). A referida Lei trata ainda do direito de uso da água, que deve ser concedido mediante outorga do direito de uso pelo órgão competente, visando garantir o direito de uso da água, em quantidade e qualidade, através do controle dos usos.

Para controlar os usos e garantir uma visão real do que ocorre em nível local, a PNRH institui como unidade geográfica de gestão a bacia hidrográfica, que deverá ser utilizada para o planejamento sempre que possível, e institui o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). O SNGRH institui duas linhas para gestão do uso da água: a primeira é a gestão de oferta, que cabe ao Estado, que deve garantir água quanti e qualitativamente suficientes. A segunda é a gestão da demanda, que visa disciplinar o uso, especialmente em situações e conflitos (CRUZ, 2001).

Quanto melhor manejada for a propriedade/bacia, menores serão os conflitos pelo uso da água. Neste contexto, se faz necessário abordar a legislação florestal, que é parte fundamental para se garantir um bom manejo.

O Código Florestal como parte integrante da gestão de recursos hídricos

Os sistemas agroflorestais já vêm sendo abordados pela legislação de alguns países, visando garantir a sua implantação e sustentabilidade. Na Costa Rica, a legislação florestal incentiva (especialmente para pastagens abandonadas ou áreas desmatadas) o estabelecimento e manejo de plantios agroflorestais (MONTAGNINI et al., 2006).

Na Tailândia, no entanto, existe um conflito com o Governo na prática dessas atividades, pois grande parte das áreas degradadas são consideradas legalmente como reservas de propriedade do Governo (públicas), não existindo proprietários, mas concessionários. Os SAFs são uma das formas de cultivo dessas áreas, no entanto, são bastante vulneráveis e muitas vezes não possuem informações concretas, uma vez que eles podem ser retirados do usuário a qualquer momento e não têm apoio legal (ALANEN et al., 2006).

Recentemente, a União Europeia introduziu algumas medidas para promover a integração entre as fazendas já existentes e o plantio de culturas florestais. Um dos projetos implantados foi o "*Silvoarable Agroforestry for Europe*" -SAFE, que tem uma linha voltada para criação de um modelo que verifique as interações que ocorrem em campo entre as plantas e examine os ganhos econômicos advindos da implantação de sistemas agroflorestais (DUPRAZ et al. 2004).

A legislação brasileira tem seguido nessa linha de conservação ambiental e, no intuito de minimizar os impactos negativos causados pela destruição do meio e viabilizar uma maior preservação ambiental, estipulou que alguns espaços devem receber proteção especial. Dentre eles estão os remanescentes de Mata Atlântica, as Áreas de Preservação Permanente (APP), as Reservas Legais (RL) e as Unidades de Conservação (UC) (CALDEIRA & CHAVES, 2011).

Segundo a legislação anterior (Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965) (BRASIL, 1965), não era permitido a utilização de sistemas agroflorestais em APP's e RL's, sendo permitido apenas o manejo agroflorestal sustentável em RL's de pequenas propriedades rurais¹, o que restringia significativamente o perímetro agricultável de tais propriedades.

¹ Pequena propriedade rural: aquela explorada mediante o trabalho pessoal do proprietário ou posseiro e de sua família, admitida a ajuda eventual de terceiro e cuja renda bruta seja proveniente, no mínimo, em oitenta por cento, de atividade agroflorestal ou do extrativismo, cuja área não supere 4 módulos fiscais (Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965). O módulo fiscal para o município de Itarana – ES é de 20 hectares (INCRA, 1980)

Desde 25 de maio de 2012, com a publicação da Lei nº 12.651, que institui o novo Código Florestal (BRASIL, 2012) essas definições mudaram. Ficou definido que pequenas propriedades rurais podem utilizar plantios de sistemas agroflorestais em suas APP's e RL's, desde que esses sistemas sejam submetidos a planos de manejo sustentáveis aprovados pelo órgão estadual de meio ambiente responsável.

O manejo agroflorestal deve obedecer aos seguintes critérios:

- a) Plantio de árvores frutíferas, ornamentais ou industriais, composto por espécies exóticas, poderá ser cultivado em conjunto com espécies nativas da região em sistemas agroflorestais;
- b) A recomposição da RL deve ser iniciada em até dois anos, sendo recomposta em um período de até 20 anos, respeitando o plantio de pelo menos 1/20 da área a ser recomposta por ano;
- c) A supressão ou exploração de APP's e RL's dependerá de comunicação ao órgão responsável, e só poderá ser realizada por proprietários devidamente inscritos no Cadastro Ambiental Rural (CAR);
- d) Os Planos de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) com função comercial deverão passar por processo de licenciamento ambiental simplificado, enquanto que a exploração madeireira sem fins comerciais não depende de autorização e se limita a 20m³/ha/ano.
- e) A área das espécies exóticas não deverá exceder 50% da área recuperada;
- f) A exploração não deve descaracterizar a cobertura vegetal, devendo assegurar a manutenção da diversidade e favorecer a regeneração de espécies nativas.

Em APPs que já possuíam área consolidadas anteriormente a 22 de julho de 2008 existem regras especiais, sendo elas: recomposição de 5 metros a partir do curso d'água independente da largura em imóveis com área de até um módulo fiscal²; recomposição de 8 metros para propriedades com área entre 1 e 2 módulos fiscais e recomposição de 15 metros para propriedades com área entre 2 e 4 módulos fiscais (BRASIL, 2012b).

Do ponto de vista prático, essas mudanças podem ser eficazes, no sentido de que a maioria das propriedades rurais possuem áreas consolidadas próximas aos corpos hídricos. Com a

² módulo fiscal é uma unidade de medida de terras (em ha) que varia de município para município. Pode ser consultado na Instrução Especial INCRA nº 20, de 28 de maio de 1980.

redução do montante da área, fica mais fácil para os pequenos produtores atenderem a legislação atual sem deixar de obter ganhos econômicos a partir dessas áreas restritas.

3.2 Sistemas Agroflorestais

Na Idade Média, era costume na Europa cortar a floresta degradada e queimar os restos culturais, para em seguida semear/plantar árvores e culturas agrícolas na área. Esse sistema não é mais utilizado na Europa, mas era largamente utilizado na Finlândia no final do Século XIX (KING, 1987) e já vem sendo praticado em outras regiões, como Estados Unidos e América Latina (VALERI *et al.*, 2003), inclusive no Brasil (BONFIM, 2009).

Segundo o mesmo autor, na América Central, sociedades vêm simulando as condições florestais em suas fazendas através do plantio de diferentes espécies sob variadas formas de cultivo, a fim de obter os benefícios trazidos pelo arranjo semelhante ao de uma floresta. Apesar do histórico mencionado, no Brasil os SAF's ainda são mais difundidos na região Amazônica (MACEDO, 2001).

Além das citadas, existem outros exemplos de usos tradicionais do solo envolvendo a produção integrada de árvores e culturas agrícolas no mesmo local em diferentes partes do mundo (NAIR, 1993). Alguns autores afirmam que o nome dado a esse sistema de plantio é apenas um novo nome para uma velha prática que havia sido substituída pelo monocultivo e vem ganhando espaço novamente (NAIR, 1991; CARDOSO & SILVA, 2011).

Segundo Lundgren & Raintree (1983), para ser considerado um sistema agroflorestal, o plantio deve ter pelo menos quatro características: envolver duas ou mais espécies de plantas (ou plantas e animais), sendo pelo menos uma perene; render pelo menos dois produtos diferentes; ter um ciclo maior do que um ano e ser mais complexo ecologicamente do que um sistema de monocultura, seja em sua estrutura, suas funções ou economicamente.

Além disso, os SAFs podem ser implantados em solos degradados, em áreas onde há baixa disponibilidade de mão de obra (desde que sejam selecionadas as espécies adequadas), em áreas onde

há escassez de linha e madeira para construção, no intuito de melhorar essa disponibilidade, dentre outros benefícios (Figura 1).

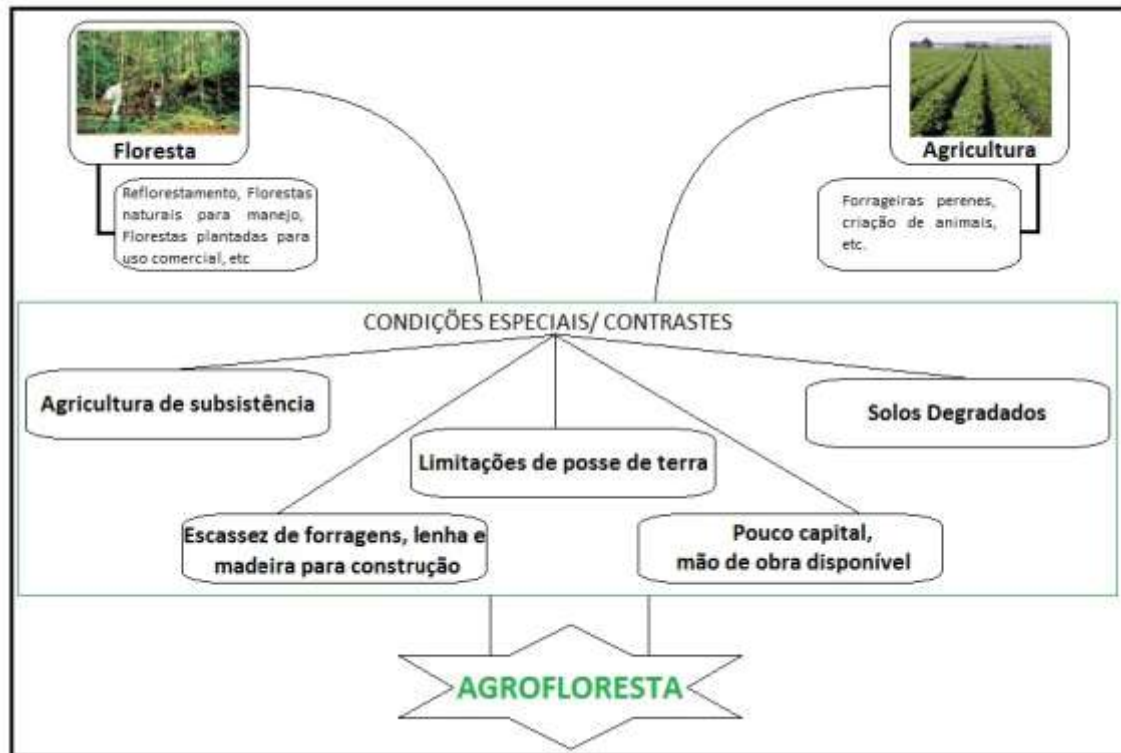


Figura 1 - O Sistema Agroflorestal como uma interface entre a agricultura e a floresta em resposta as necessidades especiais e condições de países em desenvolvimento

Com relação à escolha da espécie florestal, segundo Machado et al. (2009), ela deve ser escolhida com base na capacidade de crescimento, devendo apresentar boa ciclagem de nutrientes, além de ser resistente a pragas, doenças e variações climáticas. Também é desejável que o sistema radicular da planta atinja níveis mais profundos, para que não venha a competir com a cultura agrícola, que normalmente tem raízes mais superficiais.

Silva (2002) após realizar estudos com a implantação de SAF's em matas ciliares constatou que existe um déficit muito grande de informações acerca desse método, e chegou à conclusão de que criação de projetos-piloto que envolvam pesquisas-ação de SAF's para recuperação junto aos produtores é uma maneira de ampliar a utilização e o entendimento sobre a utilização desses sistemas.

Com relação a análise financeira dos SAFs, um estudo realizado por Moreno (1998) em um sistema agroflorestal no Acre constatou que, no Cenário 1, 62,22% da renda provinha de atividades agrícolas, enquanto a renda do uso múltiplo de produtos não madeireiros na área foi de 37,78% do total. Em outro cenário, onde também havia a exploração madeireira da área, a diferença foi ainda maior: a agricultura correspondeu a 43,03% da renda, a madeira a 28,56% da renda e os produtos do uso múltiplo não madeireiro corresponderam a 28,41% da renda total.

Além dos benefícios econômicos, Silva (2002), Silva (2008) e Ayres (2008) também apontaram uma série de vantagens: melhor proveito ecológico, pois os nutrientes reciclados por uma espécie favorecem o desenvolvimento de outras, aumento da matéria orgânica disponível, conservação do solo, manutenção da fertilidade, maior cobertura do solo promovendo maior tempo de infiltração de água, possibilidade de aumentar a renda familiar, melhoria da alimentação familiar, diminuição dos riscos quando comparados com lavouras convencionais, melhor distribuição do trabalho ao longo do ano, propiciam a recuperação de áreas degradadas, dentre outros benefícios.

Embora apresente vantagens, desvantagens também são apontadas: por ser um sistema mais complexo do que a monocultura, pode apresentar um elevado custo de implantação; possibilidade de diminuição do rendimento dos cultivos agrícolas devido à introdução dos componentes florestais e a falta de manejo adequado; difícil de ser manejado com sistema mecanizado e dificuldade de encontrar mercado consumidor para alguns produtos (AYRES, 2008). Silva (2008) afirma que o conhecimento limitado acerca desse sistema, seja pelos agricultores ou pelos técnicos é também uma desvantagem.

Uma forma de incentivar a implantação de SAF's é proposta por Sales (2009), através dos chamados SAF's simples. O autor, após realizar um estudo com cafezais no Espírito Santo, averiguou que esse sistema pode ser uma solução para a transição entre os plantios nos moldes atuais (monocultura) e outra forma de plantio com bases mais sustentáveis, pois são mais aceitos pelos agricultores.

É imprescindível tentar conhecer/prever as interações que irão ocorrer entre as plantas que estarão consorciadas, pois é a partir desses conhecimentos que serão feitas intervenções no sistema, garantindo melhor desempenho (Figura 2). O manejo permite minimizar a competição, mantendo a dinâmica do SAF e a produtividade.

Quadro 1- Diferenças nos componentes do balanço-hídrico entre um Sistema Agroflorestal com 50% de cobertura arbórea e um monocultivo

Componentes do balanço hídrico	Clima semiárido	Clima tropical úmido
Perda por interceptação	+10%	+10% a 50 %
Escoamento Superficial	Diminuiu	Diminuiu
Umidade do Solo	Diminuiu	Diminuiu
Evaporação do Solo	-10%	-5%
Transpiração	Aumentou	Aumentou
Infiltração	Diminuiu	Diminuiu

Fonte: Wallace *et al.* apud Ong & Shallow (2003).

3.3 Balanço Hídrico

Segundo Santos (2010), o balanço hídrico permite analisar a dinâmica temporal e espacial da água, ou seja, são todas as entradas e saídas de água que ocorrem numa determinada porção do solo em um determinado tempo (Figura 3). Esse cálculo é um importante instrumento para inferir na solução de problemas ambientais, bem como auxiliar na tomada de decisões quanto à recuperação de áreas e gestão de recursos hídricos.

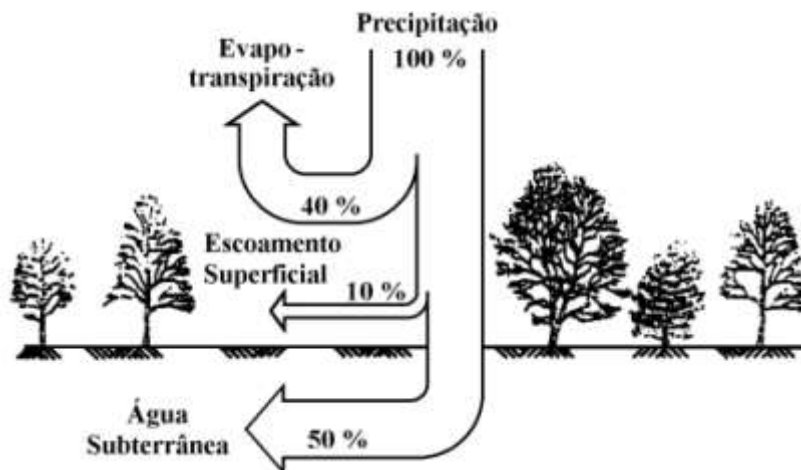


Figura 3 - Características do balanço hídrico em uma bacia não degradada
Fonte: TUCCI (2002).

Inicialmente, as diversas formas de calcular o balanço hídrico visavam conhecer as diferentes variáveis que influíam em bacias hidrográficas distintas (XU & SINGH, 1998). Atualmente, tem sido utilizado para determinar onde as culturas terão maior possibilidade de se desenvolver plenamente, que sejam climaticamente mais favoráveis, além de possibilitar a comparação entre diferentes propriedades.

Santos (2010) afirma que a seleção do modelo para cálculo do balanço hídrico a ser usado deverá ter como base os objetivos do trabalho proposto, disponibilidade de recursos e informações sobre o local em questão. Normalmente, os modelos que mais se assemelham as características reais são aqueles que empregam maior número de dados e variáveis, sendo mais onerosos e com uso mais restrito.

Para sanar esta deficiência, muitos esforços vêm sendo desenvolvidos para criar parâmetros de estimação do balanço hídrico. Uma forma de se calcular é por meio de modelos matemáticos, que correlacionam os fenômenos envolvidos no ciclo hidrológico (TUCCI, 2002). Os modelos variam desde muito complexos em regiões áridas (10 a 15 parâmetros), até modelos menos complexos para regiões de florestas úmidas (2 a 5 parâmetros) (XU & SINGH, 1998).

Tucci (2002) afirma ainda que quando o desmatamento é seguido por plantios agrícolas o balanço hídrico da bacia fica comprometido, pois a dinâmica hídrica é diferente daquela que ocorre quando a área é deixada para que se recupere ou reflorestada. Quando a regeneração ocorre naturalmente ou a área sofre reflorestamento, inicialmente irá ocorrer um aumento da

vazão e uma redução da evapotranspiração, porém, ao longo do tempo com a reconstituição da cobertura vegetal, o balanço hídrico tende a se estabilizar novamente (Figura 4).

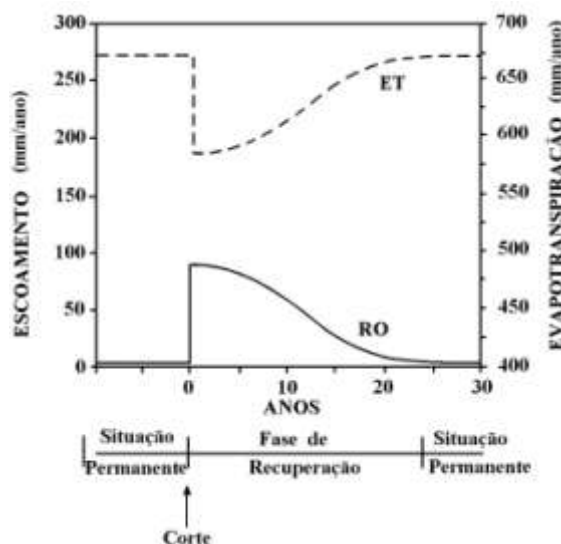


Figura 4 - Modificações no escoamento e evapotranspiração devido ao desmatamento numa bacia no sul da África
Fonte: TUCCI (2002).

Para que o reflorestamento seja feito de forma adequada, é necessário se conhecer as características das espécies a serem utilizadas. Uma das características que deve ser levadas em consideração é a profundidade das raízes, pois quando comparam-se espécies arbóreas e arbustivas com as culturas anuais percebe-se que estas apresentam raízes mais profundas, conseguindo retirar água de camadas mais profundas do solo. Devido a essa capacidade, as árvores mantêm esta retirada fora do período chuvoso, aumentando a eficiência do uso da água (NICODEMO, 2011).

Os principais processos que afetam o balanço hídrico são precipitação, evapotranspiração e interceptação, infiltração e escoamento superficial. Os fatores mencionados são importantes, pois irão afetar o modo como a água irá se comportar no ambiente. O processo que será discutido ao longo deste trabalho é explicado com maiores detalhes a seguir.

Evapotranspiração e interceptação

Parte da água que se precipita é interceptada pela copa das árvores e não chega a tocar o solo. A quantidade de água retida irá variar de acordo com a densidade de árvores e pela presença ou não de cultivos agrícolas, que quanto mais desenvolvidos estiverem, maior será a retenção (NICODEMO, 2011).

O índice de área foliar (IAF) é a razão entre a área foliar do dossel e a unidade de superfície projetada no terreno, e está relacionada diretamente com a quantidade de chuva que será interceptada pelas copas (NICODEMO, 2011). Gonçalves *et al.* (2005) realizaram um experimento com a cultura do alface, e relataram que o IAF variou de 0,20 após 7 dias de plantio à 24,39 após 40 dias de plantio, ficando claro como essa variação tem impacto sobre a proteção do solo.

Esta variável está relacionada à quantidade de água que a planta evapotranspira e, consequentemente, a produtividade. Segundo Ong & Swallow (2003), a natureza esparsa do componente arbóreo dos SAFs afeta dois fatores-chave que influenciam na interceptação, a quantidade de água armazenada na copa das árvores e a taxa de evapotranspiração da copa.

A interceptação da água em sistemas agroflorestais difere da floresta convencional em dois fatores. Primeiro, os SAF's tendem a ter árvores relativamente mais espaçadas do que as florestas e segundo, o sistema aumenta sua complexidade ao se adicionar o componente agrícola, o que irá rapidamente refletir em mudanças na cobertura do dossel (ONG & SWALLOW, 2003) e consequentemente na quantidade de água que será retida.

A copa das árvores pode reter uma fração significativa da água das chuvas, essa porcentagem irá variar de acordo com a cobertura do dossel de cada comunidade, como é mostrado por um estudo realizado por Carlyle-Moses (2004) (Quadro 2), que reuniu diversas informações de outros autores, sintetizando-as. Essa variação da porcentagem de água interceptada irá variar seja em ecossistemas naturais ou sistemas agroflorestais, mostrando que a quantidade de água interceptada varia com o tipo de vegetação presente na área.

Quadro 2 - Porcentagem de interceptação da água de chuva pela copa das árvores de diferentes comunidades. Adaptado de Carlyle-Moses (2004)

Tipo de Vegetação	Interceptação Média (%)
Florestas de Coníferas	21-48
Florestas Decíduas	9,7-19,5
Vegetação do seminário/árido	13-18,5
Florestas Tropicais	7,2-50

Ferreira *et al.* (2005) constataram que, em uma floresta de terra firme submetida a extração seletiva de madeira na Amazônia, a interceptação da chuva pelo dossel variou de 10,5 a 28 (%) da quantidade de chuva que chegaria ao sub-bosque. Benavides *et al.* (2009) verificaram que a porcentagem de chuva recebida tem sido entre 34 e 6 % menor sob o cultivo de *Populus* em um sistema silvipastoril na Nova Zelândia, e afirmam que a porcentagem de chuva que atinge o solo/demais culturas depende fortemente da densidade das árvores e do tamanho da copa das árvores.

Zomer *et al.* (2007) realizaram simulações com sistemas agroflorestais e verificaram que não houve aumento significativo da quantidade de água evapotranspirada (apenas 1.1 %). Mesmo se em toda a área agricultável for implantado SAF, o aumento na evapotranspiração seria de apenas 10%.

Santos (2000) afirma que devido à existência de plantas em diferentes extratos de copa e com diferentes tipos de interceptação, os impactos das gotas de chuva são mitigados, proporcionando abrigo contra a radiação solar, as altas temperaturas e ao futuro risco de erosão.

3.4 Escolha do local e caracterização da área de estudo

Há alguns anos, trabalhos vêm sendo desenvolvidos na bacia do Córrego Sossego no intuito de melhorar as condições de vida dessa população, através do aprofundamento de estudos sobre gestão de recursos hídricos. Partindo desse pressuposto foi que se buscou integrar

representantes da comunidade e dos órgãos públicos, até que o local se tornou um laboratório vivo.

O projeto foi formalizado em 2006, e têm prestado diversos trabalhos à comunidade, trabalhos estes que não objetivam apenas a melhoria das condições de cultivo e a gestão de recursos hídricos, mas o desenvolvimento sustentável entre a comunidade e o meio, sempre tendo em mente que a sobrevivência das famílias que lá vivem depende basicamente da terra.

A criação deste projeto foi possibilitada pelos esforços de um grupo de pesquisa e desenvolvimento vinculado a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), o LabGest (Laboratório de Gestão de Recursos Hídricos & Desenvolvimento Regional), que posteriormente firmou parceria com outras instituições, como IEMA, IDAF, INCAPER e a própria Prefeitura de Itarana, para que o apoio integrado entre os órgãos pudesse viabilizar o apoio necessário ao desenvolvimento do projeto.

A sub-bacia do Córrego Sossego está localizada no município de Itarana, região Central Serrana do Espírito Santo. Inserida na bacia do Rio Santa Joana, possui uma área de aproximadamente 65 km², dos quais apenas 4,647 km² são compostos por florestas (Figura 5). Existe um total de 225 nascentes na sub-bacia, das quais apenas 72 são protegidas (GEARH, 2003 b).

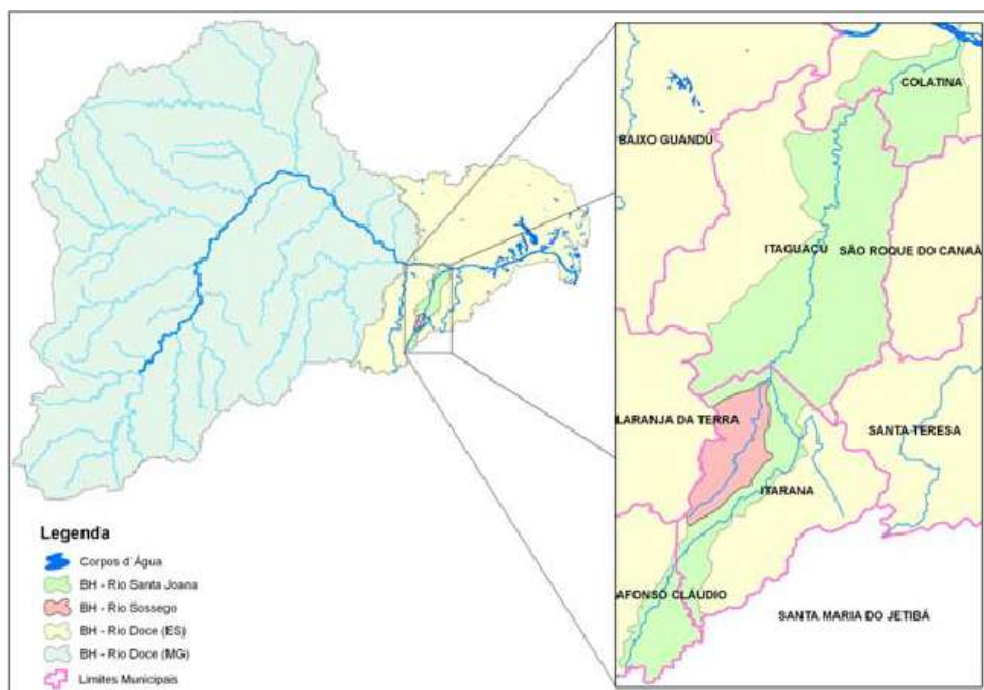


Figura 5 - Localização da bacia do Córrego Sossego
Fonte: GEARH (2003) b

A maior parte das propriedades inseridas nesta sub-bacia tem extensão menor ou igual a 50 ha (0,5 km²), utilizam mão de obra familiar e esporadicamente o auxílio de terceiros, estando enquadradas como pequenas propriedades rurais (GEARH, 2003 a).

Itarana é uma das cidades conhecidas pela integração com a região da Grande Vitória (localizada à 111 km de distância) e pela participação nos 43% do Produto Interno Bruto advindos da região Central Serrana (PEDEAG, 2008).

A cidade é composta por 3 zonas naturais (PEDEAG, 2008):

- ✓ a primeira, mais ao norte marcada por terras quentes, acidentadas e secas;
- ✓ a segunda abrangendo a maior parte do município com terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas/secas; e
- ✓ a terceira, mais ao sul do município, com terras frias, acidentadas e chuvosas.

Ainda segundo o mesmo estudo, o município apresenta nas regiões já citadas anteriormente, respectivamente, 7 meses, 4,5 meses e 2,5 meses de seca por ano. A região tem tendência de dar continuidade aos processos de conservação e recuperação dos recursos naturais através da

implantação de SAF's, que irão contribuir para a ampliação da cobertura florestal já existente no Estado (PEDEAG, 2008), embora atualmente exista apenas um SAFs implantado na região, composto por cedro australiano e cacau (LABGEST 2013)

Com base no que foi dito, foi realizada a simulação que seria situada próxima a um curso d'água para servir de base para a simulação. Esta propriedade estaria localizada dentro da bacia do Córrego Sossego.

Levantamento das espécies plantadas no Córrego Sossego

Segundo levantamento já realizado na área do Córrego Sossego, localizado no município de Itarana - ES, as principais espécies presentes são: café, banana, inhame, frutas cítricas, maracujá, manga, goiaba, coco, mamão (LABGEST, 2013), arroz, berinjela, cacau, cana-de-açúcar, feijão, jaboticaba, jiló, tomate, milho, pepino, pimenta e quiabo (AMARAL, 2011).

Amaral (2011) realizou uma pesquisa com algumas propriedades da região e verificou que o café, seguido pela banana e pelo inhame são as culturas mais escolhidas e plantadas em diversas propriedades (Quadro 3).

Quadro 3 - Principais culturas desenvolvidas em diversas propriedades na bacia do Córrego Sossego

Culturas	Número de Propriedades (n)
Arroz	1
Banana	5
Berinjela	2
Cacau	3
Café	11
Cana	1
Feijão	1
Inhame	3
Jaboticaba	1
Jiló	3
Mamão	2
Milho	5
Pepino	1
Pimenta	1
Quiabo	5
Tomate	2

Fonte: AMARAL (2011).

Alguns consórcios também foram observados (LABGEST, 2013), sendo eles:

- ✓ Cacau + Cedro + Banana;
- ✓ Limão + Café;
- ✓ Pomar diverso (frutíferas diversas para consumo doméstico e venda do excedente produzido) + Espécies florestais nativas;
- ✓ Pomar diverso.

Observações realizadas no local constataram que apenas uma propriedade localizada na região do Alto Sossego ainda mantém um consórcio, também chamado de SAF's simples por alguns

autores, composto por cacau e cedro australiano, este último já em fase de corte (LABGEST, 2013).

3.5 Manejo da propriedade agrícola

O manejo convencional da propriedade foi disseminado em todos os continentes ao longo de décadas, no entanto, com o passar dos anos, através de estudos aprofundados sobre os impactos desse tipo de cultivo no solo, descobriu-se que esse sistema prejudica o solo (PRIMAVESI, 2008). Essa forma de cultivo utiliza agrotóxicos, herbicidas, e outras práticas que impedem a recuperação do solo.

Por esses motivos, esse sistema de manejo tem sido substituído por outros sistemas menos agressivos, baseados na sustentabilidade do meio. O manejo sustentável de propriedades agrícolas pode ser entendido como uma forma de gerenciamento que tem como base a definição de estratégias/metast conjuntas, entre agricultura, pecuária e silvicultura, visando não apenas obter ganhos econômicos, mas também socioambientais.

O manejo, para ser considerado bom, deve permitir que o sistema se autorregule, sem que haja a necessidade de aplicação de insumos externos (CANDIOTTO & MEIRA, 2012). A melhoria das práticas de manejo leva a um aumento nas taxas de infiltração, diminuem a insolação direta no solo que é responsável pelo aquecimento excessivo e consequentemente, uma diminuição da lixiviação de nutrientes, além de muitos outros benefícios (PRIMAVESI, 2008).

O manejo pode ser realizado de diversas formas, inclusive de forma integrada, como manejo conjunto de pragas e doenças, através de controle biológico e ecológico; uso de adubação verde com a inserção de plantas específicas; utilização de insumos animais, além de diversas outras práticas que permitem a reutilização de diversos produtos gerados na área (ALVARENGA, 2012).

As técnicas de manejo utilizadas e as mudanças observadas devem ser anotados e, quando possível, quantificadas, para que sirvam de exemplo para ações futuras, uma vez que o

manejo é uma ferramenta importante para auxiliar na gestão ambiental e na tomada de decisões (ALVARENGA, 2012).

O manejo integrado não deve estar restrito apenas as decisões futuras no âmbito da propriedade rural em si, mas em escala de comunidade ou mesmo de microbacia. Juntos, os produtores são capazes de diversificar a produção e, através do beneficiamento e da comercialização em sociedade, agregar valor aos produtos oferecidos (NAZZARI *et al.*, 2007).

3.6 Simulação ambiental

Nos últimos anos, diversos *softwares* (programas computacionais) foram criados com o intuito de facilitar o manejo dos sistemas de irrigação, principalmente devido ao fato de a pesquisa *in loco*, envolvendo a medição de todas as variáveis envolvidas no ciclo hidrológico ser uma tarefa muito difícil, principalmente devido ao longo prazo decorrido para o conhecimento de dados concretos e também aos custos inerentes as medições e monitoramento (PESSOA, 1997).

Segundo Castro *et al.* (2002), as principais diferenças entre os programas são o grau de complexidade apresentado pelo algoritmo, tipo e quantidade dos dados requeridos, método de programação utilizado e a precisão com que os dados são processados.

A modelagem apresenta algumas vantagens, como: os modelos podem ser quase tão detalhados como o ambiente real, novos cenários podem ser testados sem perturbar o sistema real, cenários diferentes podem ser testados para avaliar a viabilidade, o tempo pode ser controlado e que possa ser utilizado inúmeras vezes por projetos diferentes (FREITAS FILHO, 2008).

Prajamwong *et al.* (1997) desenvolveram um modelo denominado *Command Area Decision Support Model* (CADSM), que foi desenvolvido para estimar a quantidade de água requerida pelo plantio, além de estudar o manejo de áreas irrigadas. No entanto, o programa necessita de

dados como balanço da salinidade no local do plantio, possível movimentação de água no subsolo, e muitos outros fatores que levam em consideração os tratos culturais adotados.

Voltados para o manejo especificamente da água existem outros softwares, como o Irriplus, que tem o objetivo de contribuir para a solução dos problemas ocorridos no manejo da irrigação, a maioria referente à falta de informações corretas e de um manejo realizado de maneira imprecisa (MANTOVANI, 2008)

Outros autores também realizaram pesquisas, como Castro *et al.* (2002) que realizaram um estudo acerca do software Tobruk, e como ele pode ser utilizado para determinação da lâmina a ser irrigada e Facco (2008), que utilizou um sistema computacional geoespacial para estimar os componentes do balanço hídrico do solo para plantios de eucalipto.

Apesar de apresentar inúmeros pontos positivos, o processo de modelagem apresenta algumas limitações, uma delas está relacionada à dificuldade para construção dos modelos e mesmo de manuseio; outra está relacionada aos resultados, que são muitas vezes difíceis de serem interpretados (FREITAS FILHO, 2008), o que pode gerar uma interpretação ambígua dos resultados. Sendo assim, é necessário ser bastante cauteloso quanto às inferências feitas a respeito da simulação para não cometer erros.

4 METODOLOGIA

4.1 Motivação para escolha das espécies a serem utilizadas

Para a definição das espécies deve-se ter em mente que os cenários a serem simulados são ideias para a implantação de sistemas futuros, e que uma escolha errada pode levar a sistemas não funcionais, seja do ponto de vista ecológico ou econômico.

Devido aos levantamentos já realizados na região do Córrego do Sossego por Amaral (2011), dentre as espécies que são plantadas na sub-bacia, uma das mais escolhidas pelos produtores para plantio em monocultura é a banana. Sendo assim, devido à representatividade da espécie no local e ao histórico de plantio, a espécie foi mantida para integrar os sistemas agroflorestais.

Para que a escolha de uma das espécies florestais estivesse próxima da realidade local, foram consultadas informações de um programa que está sendo iniciado na área, o Programa de Adequação Ambiental de Propriedades Rurais, também conhecido como Campo Sustentável. O programa realizou um levantamento com os produtores participantes do programa para que eles escolhessem, dentro de uma lista de espécies, quais seriam de seu interesse plantar para enriquecer suas áreas e otimizar os plantios (OLIVEIRA, 2012). As espécies escolhidas são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Espécies que serão plantadas sob sistema de consórcio por diferentes proprietários na sub-bacia do Córrego Sossego

PRODUTOR ESPÉCIES	Número de mudas solicitadas				CONSÓRCIO	ESPAÇAMENTO (m)	PREVISÃO DE PLANTIO
	Cacau	Cedro	Pupunha	Abacateiro			
Produtor 1			1700			3x1x1	Novembro
Produtor 2			935			3x1x1	Novembro
Produtor 3			1150			3x1x1	Novembro
Produtor 4		120			Café + Cedro	12x4	Novembro
Produtor 6	575		2930		Pupunha + Cacau		Novembro
Produtor 7				50	Café + Cacau		Novembro

Fonte: Autoria própria.

Após esse levantamento, devido à necessidade de escolha de uma espécie de cunho florestal, foi selecionada a pupunha, por ter sido a espécie mais solicitada pelos produtores. Outro fator decisivo foram as características apresentadas pela espécie, que se encaixam no que é requerido para espécies que irão compor um sistema agroflorestal, como boa adaptabilidade em SAF.

A terceira e última espécie selecionada foi a goiaba. A espécie foi selecionada por ser uma espécie florestal nativa, com sistema radicular mais profundo do que o das demais espécies escolhidas e por apresentar um ciclo longo, diferente do apresentado pela pupunha, características estas que, como dito por Machado *et al.* (2009) na Revisão de Literatura, devem ser levadas em consideração no momento da escolha das espécies.

As diferenças apresentadas pelas espécies florestais permitirão a comparação entre os efeitos da seleção de diferentes espécies florestais no manejo da propriedade.

4.1.1 Espécies selecionadas para simulação

Devido à necessidade já exposta de se conhecer previamente a interação entre espécies antes de se implantar o sistema agroflorestal, são apresentadas as espécies que irão compor o sistema agroflorestal para a simulação.

4.1.1.1 Banana

Originária do continente asiático, a bananeira é comum em regiões tropicais e subtropicais. Em 2007 foi a fruta mais consumida no mundo, sendo cultivada em 118 diferentes países. Com uma produção de aproximadamente 115 milhões de toneladas é a quarta lavoura mais importante do planeta, perdendo para culturas do arroz, trigo e milho (COELHO, 2009).

Devido à sua grande área foliar, é uma espécie bastante exigente em água, principalmente nos períodos de estiagem, onde as temperaturas e evaporações são maiores (MACÊDO *et al.*, 2007).

A alta produtividade da banana está relacionada ao correto manejo da irrigação. Embora ainda não se saiba o potencial produtivo da banana no Brasil, o que se sabe é que quando comparadas com outros países ela é baixa. A irrigação melhora inclusive a qualidade dos frutos, aumentando a produtividade em no mínimo 40% se comparada a áreas sem irrigação (COELHO, 2009).

Para conhecer as necessidades hídricas da espécie, é necessário conhecer o coeficiente de cultura. O K_c^4 da banana varia de 0,4 na fase inicial, 0,7 na fase de desenvolvimento da cultura, 0,9 na fase intermediária, 0,9 na fase final do ciclo (DOORENBOS & KASSAN, 1994 apud FREITAS *et al.*, 2008). Esses valores também foram constatados por Coelho (2009).

Os sistemas agroflorestais com a cultura da banana são bastante viáveis, visto que a banana apresenta benefícios quando sombreada, como a redução dos danos causados pela Sigatoka Amarela (fungo) (VIVAN, 2002), além do aumento da lucratividade da área e a diversificação da produção.

Para que haja sucesso no estabelecimento de SAF com bananais já instalados o primeiro passo é permitir o crescimento de ervas entre as árvores, processo que faz parte da regeneração natural (VIVAN, 2002). O espaçamento do plantio de bananas deve ser superior a 2,5 x 2,5 metros, já que esse espaçamento não é considerado ideal, pois leva a um baixo aproveitamento da luminosidade e do terreno, além de causar o envelhecimento precoce do plantio (COELHO, 2009).

⁴ é a razão entre a evapotranspiração da cultura (E_{tc}) e a evapotranspiração de referência (E_{to}). É variável de acordo com o estágio fenológico da cultura, podendo atingir valor superior à unidade na fase reprodutiva de muitas culturas.

4.1.1.2 *Pupunha*

Devido ao valor nutricional da pupunha e à variedade de produtos advindos dela, ela foi alimento de primeira necessidade de diversos povos na América Central e do Sul. Muitos produtos são feitos com a fruta, como sucos, vitaminas e cervejas. Suas folhas podem ser utilizadas como agente pigmentante e suas flores podem ser usadas como condimento (MORA-URPÍ *et al.*, 1997). Devido as suas características de uso múltiplo, essa planta vem sendo plantada com sucesso em diversos sistemas agroflorestais.

A pupunheira é uma espécie exigente em água, devendo ser irrigada caso seja plantada em regiões com baixos índices pluviométricos ou má distribuição de chuva ao longo do ano (REZENDE *et al.*, 2005). Marques *et al.* (2004) afirmam que o cultivo da pupunha em regiões onde há má distribuição pluviométrica é inviável caso não haja a utilização de irrigação.

Para realizar os cálculos de quantidade de água a ser irrigado, estudos foram sendo desenvolvidos, e coeficientes de cultura foram propostos. Para Hernandez *et al.* (2001), o coeficiente de cultura ideal para a pupunha varia de 1,0, ao longo do primeiro ano de cultivo, a 1,3 nos anos posteriores, valor também relatado por Lopes *et al.* (2004). Bassoi (2002), verificou valores de K_c variando de 0,8, nos primeiros seis meses após o plantio, até 1,0, aos 27 meses após o plantio, dados bem próximos aos encontrados por Rezende *et al.* (2005), que encontraram K_c variando de 0,72 a 1,20.

Para o estado do Espírito Santo já foi realizado um estudo sobre o zoneamento climático da pupunha por Soares (2007) (Figura 6). Segundo este zoneamento Itarana está inserida na Região 3, que é classificada como restrita a moderada, com deficiência hídrica e suficiência térmica sendo, segundo o autor, a mais indicada para a cultura em questão. Isso ocorreu pois esta faixa apresentar menor déficit hídrico do que outras regiões. Para este estudo o autor utilizou $K_c = 1$.

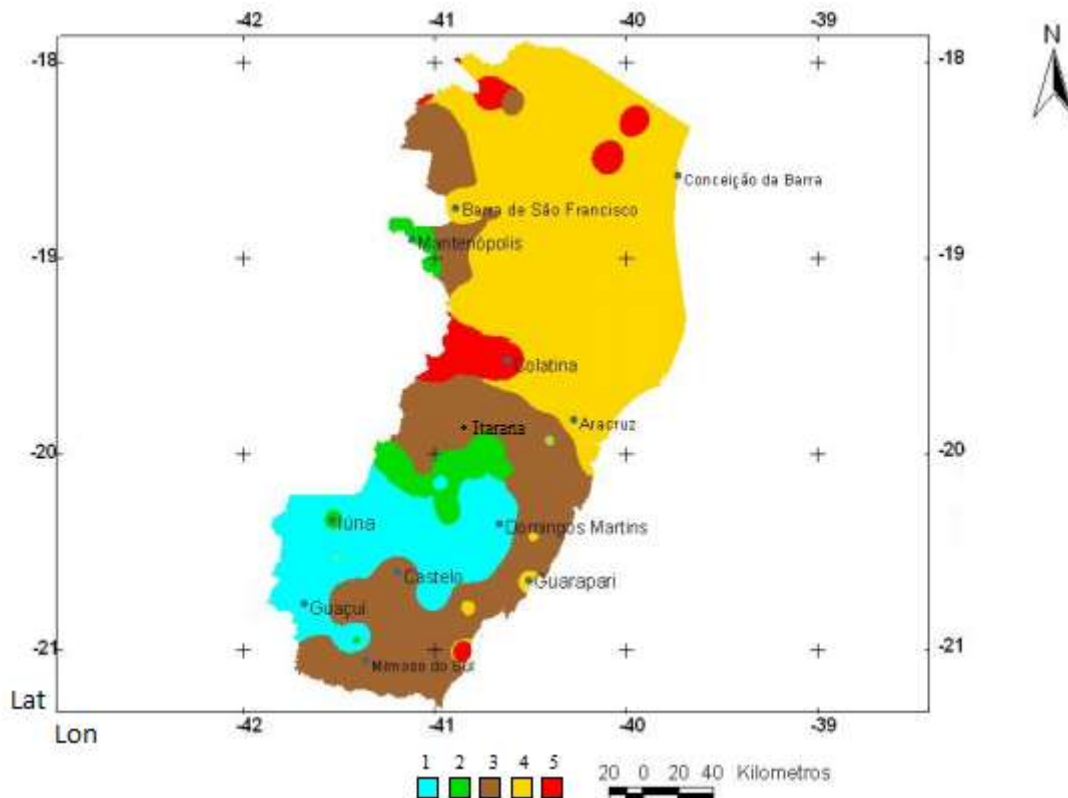


Figura 6 - Regiões climáticas delimitadas para o cultivo de pupunha no ES. Região 1 - Restrita, com insuficiência térmica e pequena deficiência hídrica. Região 2 - Restrita com insuficiência térmica e deficiência hídrica. Região 3 - Restrita a moderada, com defi deficiência hídrica e suficiência térmica. Região 4 - Moderada, com deficiência hídrica e suficiência térmica. Região 5 - Alta restrição a deficiência hídrica e suficiência térmica
Fonte Soares (2007).

Nota: Dados adaptados pelo autor.

Os sistemas de irrigação mais utilizados para suprir as necessidades hídricas da pupunheira são o de microaspersão e o sistema de gotejamento (REZENDE, 2005).

A pupunha é uma espécie que pode ser plantada em consórcio com outras que apresentem raízes mais superficiais, pois a profundidade efetiva do seu sistema radicular varia de 40 a 45 cm (PIRES *et al.*, 1999), podendo chegar à dois metros de profundidade (FERREIRA *et al.*, 1995). Em alguns locais da Ásia, África e América Latina a pupunha é cultivada de forma intercalada com culturas anuais, como a banana, garantindo comida e cobertura para o solo (SWAMINATHAN, 1987).

Outro estudo com consórcios de pupunha verificou que o teor médio de umidade do solo no tratamento em que o palmito é cultivado em consórcio com outras espécies, aos 18 meses, foi maior quando comparado com o cultivo da pupunha a pleno sol, indicando que a espécie pode obter sucesso quando plantada em sistemas agroflorestais (TSUKAMOTO FILHO, 2001).

Com relação aos cuidados para plantio, deve-se estar atento à finalidade do mesmo. Quando o plantio é voltado para a produção apenas de palmito, por exemplo, pode ter um espaçamento de 1.5 x 1.5 metros, porém quando se trata de uma agrofloresta a conformação muda. Morsbach *et al.* (1998) sugerem que em sistemas agroflorestais a pupunha seja plantada com o espaçamento de 6 x 6 metros, o que também foi sugerido por Peneireiro (1999).

4.1.1.3 Goiaba

Nativa do Brasil, a goiaba apresenta porte pequeno a médio, podendo chegar a 8 metros caso não seja podada. As podas são essenciais em plantios comerciais, pois além de diminuir a estatura da planta e aumentar a produção, permitem estabelecer pomares com espaçamentos menores (SAMPAIO, 2011).

Para garantir que ocorra esse aumento de produção, a irrigação deve ser utilizada como estratégica para diminuir os riscos associados a seca/período seco (SAMPAIO, 2011). O autor afirma ainda que conhecer as necessidades hídricas de máxima eficiência para a cultura é de suma importância para garantir o retorno financeiro desejado. Os sistemas de irrigação mais indicados para essa cultura são os de irrigação localizada, sendo o sistema de microaspersão um dos mais utilizados.

A goiaba já vem sendo empregada no enriquecimento de pastagens degradadas, podendo ser utilizada como suplemento na alimentação animal, para lenho e mesmo para comercialização dos frutos (MOURA, 2009) e também para a transição para sistemas mais ecológicos, devido a sua capacidade de adaptação à condição de grande luminosidade (VIVAN, 2002)

Os coeficientes de cultura variam entre 0,3 no início do desenvolvimento e chegando a 0,8 durante a colheita (SAMPAIO, 2011). Bassoi *et al.* (2002), no entanto, verificaram Kc variando de 0,3 durante a fase inicial à 0,4 na fase fina, enquanto Ferreira (2004) verificou Kc variando de 0,58 a 1,03. Essa variação está associada aos diferentes locais onde cada plantio foi estudado, com diferentes condições de cultivo e clima. Bassoi *et al.* (2002) também observaram que o Kc médio será mantido durante a época de produção, variando entre 0,7 nas fases de crescimento dos frutos e 0,4 na fase em repouso.

Para garantir produção escalonada ao longo do ano é necessária a realização frequente de podas de frutificação, que irão incentivar o nascimento de brotações e frutos. O tempo médio entre a poda de frutificação e a colheita é de 200 dias (FERREIRA, 2004).

4.2 A escolha do software a ser utilizado

Devido à necessidade de escolha de um software para realizar as simulações, foi necessário levantar dados a cerca de cada um dos softwares disponíveis. Neste sentido, foi selecionado o Irriplus, por ser um software com licença já adquirida pelo LabGest. Outro fator importante é a ausência de um experimento em campo, o que dificultaria a coleta de dados no local, como alguns dos outros softwares requerem, bem como a vasta utilização do Irriplus em outros trabalhos nesta área, que reforçaram a decisão de escolha.

Composto por softwares que auxiliam o manejo correto da água, o Irriplus é um programa que foi desenvolvido na Universidade Federal de Viçosa com o intuito de ajudar a tomada de decisão na agricultura irrigada. Possui três linhas: Manejo, Decisão e Simulação, voltados para avaliação das necessidades hídricas no sistema solo-água-planta.

O Irriplus tem o objetivo de contribuir para a solução dos problemas ocorridos em campo, a maioria deles referentes à falta de um manejo correto dos recursos hídricos (MANTOVANI, 2008), o que é primordial para locais onde há conflito pelo uso da água. O autor afirma que o software é uma ferramenta que tem uso para o dia a dia, pois facilita a decisão sobre quando e quanto de água a planta precisa em cada momento.

A ferramenta de simulação atrelada ao programa possibilita a criação de diferentes cenários, podendo ser útil para o manejo de qualquer cultura, tipo de solo e sistema de irrigação de todo o país, pois conta com dados climáticos diários de mais de 700 estações meteorológicas de todo Brasil (MANTOVANI, 2008). O programa calcula a lâmina a demanda hídrica da espécie através dos dados de evapotranspiração da cultura, que podem ser obtidos por meio da equação do método padrão Penman-Monteith (CONTIN, 2008), de acordo com a seguinte equação:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta,40 - G) + \gamma \frac{900}{(T + 237)} U_2 (es - ea)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Sendo:

ET_0 : evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

R_n : saldo de radiação à superfície, MJ m⁻²d⁻¹;

G : fluxo de calor sensível no solo, MJ m⁻²d⁻¹;

T : temperatura média do ar a 2 m de altura, °C;

U_2 : velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;

es : pressão de saturação de vapor, kPa;

ea : pressão atual de vapor, kPa;

Δ : declividade da curva de pressão de saturação, kPa °C⁻¹, e

γ : constante psicrométrica, kPa °C⁻¹.

Os principais dados necessários para carregar o programa foram apontados por LOPES (2006): dados da cultura, solo, clima, do tipo de sistema de irrigação utilizado e também informações hidrológicas, como precipitação diária e temperatura. O autor utilizou o programa para avaliar o manejo da água e afirma que este pode ser utilizado para diminuir os impactos ambientais, resultando em diminuição de custos e utilização de água de forma racional.

O Irriplus não considera em suas simulações de balanço hídrico o componente de fluxo ascendente do lençol freático, realizando em suas simulações o mesmo traçado utilizado por outros programas computacionais como o Cropwat (FAO - Land and Water Development Division) (ANDRADE *et al.*, 2008).

O programa é capaz de simular apenas uma espécie por vez. Sendo assim, em locais onde existe a necessidade de simular mais de uma espécie em simultâneo é necessário adaptar a tecnologia desenvolvida. Vem sendo utilizado em diversos trabalhos e obtido bons resultados no quesito racionalização do uso da água para diferentes sistemas de monocultivo (TEIXEIRA et al, 2003; LOPES, 2006; LIMA, 2013).

Lopes (2006) identificou, com o auxílio do equipamento, que grande parte das propriedades analisadas em sua pesquisa não utilizava a água de forma racional durante 91% do tempo analisado. Foi possível observar também que os produtores não sabem diferir o período seco do chuvoso quando o quesito é quantidade de água aplicada, utilizando uma lâmina aquém da necessária no período seco e uma lâmina excessiva no período chuvoso, não levando em consideração a real necessidade hídrica da planta.

Alguns trabalhos já vêm conduzindo pesquisas no que tange o consumo de água por sistemas agroflorestais. Moraes *et al* (2011) realizou uma pesquisa em um perímetro irrigado hipotético que continha abacaxi, banana, goiaba, limão, mamão, manga, maracujá, melão, pinha e uva. Para o cálculo da lâmina a ser aplicada no sistema, além de considerar a evapotranspiração de referência do local, o autor verificou a necessidade de cada cultura (ET_c) e, a partir da necessidade hídrica da cultura de maior exigência hídrica, realizou a simulação para determinar a quantidade de água a ser aplicada.

4.3 Montagem do Banco de Dados

O manejo da irrigação foi simulado levando-se em conta as especificidades das culturas a serem consideradas, do solo e do clima da propriedade, visando verificar quanto de água deveria ser aplicada para cada espécie individualmente e, em seguida, por sistema.

Alguns dados, embora não tenham sido utilizados diretamente nos cálculos realizados, foram essenciais para a composição do banco de dados da simulação, sem os quais o modelo não funcionaria. Dentre os módulos apresentados pelo Irriplus, foi utilizado o “Simula”, sendo necessários os dados a seguir.

4.3.1 Caracterização do sistema de irrigação a ser utilizado

Os dados sobre o sistema de irrigação utilizado são de suma importância, pois a quantidade de água utilizada é um dos pontos-chaves deste estudo. Para a escolha do sistema de irrigação utilizado, foi levantado inicialmente qual era o sistema de irrigação mais utilizado na área, correlacionando com o sistema tecnicamente mais recomendado para as culturas em estudo, e por essas razões foi selecionado o sistema de microaspersão.

Também foi necessário estipular o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), que está relacionado com a eficiência com que a água da irrigação é aplicada. Para culturas de alto valor comercial, especialmente aquelas com sistema radicular raso, o sistema mais econômico deve operar com alta uniformidade, e o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) deve ser maior que 80% (ou $CUC > 87\%$) (MERRIAM & KELLER, 1978). Sendo assim, como pelo menos uma das espécies em cada sistema agroflorestal possui sistema radicular raso, será adotado um CUC de 90%.

4.3.2 Dados das culturas

4.3.2.1 Profundidade efetiva do sistema radicular (Z)

Foram adotados os valores mencionados abaixo:

- banana - 50 cm de profundidade (LOPES, 2011);
- pupunha – como cerca de 70% das raízes está alocada na primeira camada do solo, foi utilizado 20 cm (VEGA *et al*, 2005);
- goiaba – 60 cm de profundidade (FERREIRA, 2004).

4.3.2.2 Fator de disponibilidade hídrica (f)

O fator de disponibilidade hídrica é um parâmetro referente à quantidade de água disponível no solo para utilização pela planta, sem que hajam perdas de produtividade. Ou seja, é a diferença entre a quantidade total de água no solo e a quantidade disponível para a planta. Esse parâmetro varia de 0-1, sendo que quanto mais próximo de 1, mais exigente em água a planta é considerada.

Para conhecer o fator de disponibilidade hídrica é necessário conhecer o grupo ao qual a espécie pertence quanto a sensibilidade hídrica (Quadro 5) e em seguida conhecer a evapotranspiração de referência do local onde a mesma será plantada (Quadro 6).

Quadro 5 - Grupo de culturas de acordo com a sensibilidade ao déficit de água no solo

Grupo	Cultura
1	Cebola, pimenta, batata, alface
2	Banana, repolho, uva, ervilha, tomate, maracujá
3	Alfafa, feijão, cítricas, amendoim, abacaxi, girassol, melancia, trigo, coco, goiaba, manga
4	Algodão, milho, azeitona, açafrão, sorgo, soja, beterraba, cana, fumo, acerola, café, pastagem, pinha

Quadro 6- Fator de disponibilidade hídrica (f) em função do grupo de culturas e evapotranspiração de referência (ET₀)

Grupo de cultura	ET ₀ (mm/dia)								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,50	0,42	0,35	0,30	0,25	0,22	0,20	0,20	0,18
2	0,68	0,58	0,48	0,40	0,35	0,33	0,28	0,25	0,22
3	0,80	0,70	0,60	0,50	0,45	0,42	0,38	0,35	0,30
4	0,88	0,80	0,70	0,60	0,55	0,50	0,45	0,42	0,40

A evapotranspiração de referência na região foi calculada pelo método de Penman-Monteith, levando-se em consideração dados coletados diariamente pela estação climatológica de Aimorés. Esse método é considerado o método padrão para o cálculo de evapotranspiração de uma cultura em escala diária (Allen *et al*, 1998).

Essa E_t teve valor médio de 4 mm/dia. Sendo assim, para a cultura da banana, que pertence ao Grupo 2, empregou-se fator de disponibilidade hídrica $f=0,48$; já para as culturas da pupunha⁵ e da goiaba, que pertencem ao Grupo 3, utilizou-se fator de disponibilidade hídrica $f=0,60$.

4.3.2.3 Coeficiente de cultura (K_c)

Para a cultura da banana utilizaram-se os seguintes valores de K_c (FREITAS *et al.* 2008):

- fase inicial $K_c = 0,40$
- fase de desenvolvimento $K_c = 0,70$
- fase intermediária $K_c = 0,90$
- fase final do ciclo $K_c = 0,90$

Já para a cultura da pupunha, Soares (2007) ao realizar o zoneamento climático da pupunha para o estado do Espírito Santo utilizou $K_c = 1,0$, a mesma média encontrada por Bassoi (2002). Este último, no entanto, detalha o coeficiente de cultura de acordo com cada fase da cultura, e foram estes os valores de K_c utilizados:

- fase inicial $K_c = 0,80$
- fase de desenvolvimento $K_c = 1,20$
- fase intermediária $K_c = 0,90$
- fase final do ciclo $K_c = 0,50$

No entanto, considerando-se que ambas as culturas serão mantidas após o final do primeiro ciclo, elas passam a ser consideradas espécies perenes e, por isso, mantém o seu K_c mais alto, pois existirá mais de uma planta, em diferentes estágios de desenvolvimento, na área (REIS, 2014).

A cultura da goiaba, segundo Bassoi (2002) apresenta K_c variando entre 0,3 (período inicial) e 0,8 (época de colheita). Este K_c encontrado por Bassoi (2002) foi bem semelhante ao proposto por Allen *et al.* (1998). Sendo assim, seguem os dados utilizados:

² A pupunha é considerada do mesmo grupo de culturas do coco, por ser de uma espécie da mesma família (Aracaceae) (RAMOS *et al.*, 2002).

- fase inicial $K_c = 0,40$
- fase de desenvolvimento $K_c = 0,55$
- fase intermediária $K_c = 0,85$
- fase final do ciclo $K_c = 0,50$

4.3.3 Dados do Solo

Para compor os dados de análise de solo necessários foi consultado um trabalho já realizado no local por Lopes (2011), com base nos dados observados pelo autor em diferentes áreas. A classificação textural mais presente nas análises foi a Argila Arenosa e, por ser representativa da região, foi utilizada para o desenvolvimento da simulação.

Esse parâmetro foi selecionado devido a sua representatividade para as plantas, já que quando o teor de umidade se aproxima do ponto de murcha a planta já não consegue retirar água com a mesma velocidade que evapotranspira.

Devido às características das espécies selecionadas, apenas as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm foram abordadas neste trabalho. Abaixo (Quadro 7) se encontram os dados de solo utilizados:

Quadro 7- Dados das análises de solo utilizados

	Profundidade da Camada	Densidade	CC (-1/10)	PM (-15)	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
Solo	00-20	1,22	23,47	13,96	49	10	41
	20-40	1,25	28,96	19,08	45	3	52
	40-60	1,22	28,51	15,04	48	5	47

Legenda: Capacidade de Campo (CC), Ponto de Murcha (PM), e frações da parte sólida do solo: areia, silte e argila, expressas em percentagem no solo.

4.3.4 Dados Climáticos

Os dados climáticos utilizados foram obtidos através do banco de dados do próprio Irriplus, que já vem calibrado com dados de inúmeras estações. Devido à falta de dados de uma estação climatológica INMET no município de Itarana, foram utilizados dados da estação INMET mais próxima, Aimorés.

Isto porque a estação de Itarana era operada pelo Incaper, fornecendo dados apenas de temperaturas máxima e mínima e evapotranspiração diária, dados insuficientes para a utilização do método Penman-Monteith, considerado o método padrão da FAO (ALLEN *et al*, 1998).

Com a inserção dos dados mencionados até então, o programa realizou o cálculo da demanda de água ocorrida durante o tempo de ciclo da cultura estudado, considerando a realidade edafo-climática do local, bem como as características das culturas selecionadas e do sistema de irrigação utilizado para cada espécie em separado.

Esses valores calculados de ET_0 foram então transformados em Evapotranspiração da cultura, que seria a demanda hídrica diária necessária para manter o vigor da planta. E ET_c foi calculada da seguinte forma:

$$ET_c = K_c \times ET_0 \quad (2)$$

Os valores inicialmente apresentados pelo programa em mm, foram extrapolados para valores por planta, segundo metodologia proposta por Bassoi *et al*. (2001).

$$\frac{Demanda}{Planta} = mm \times \text{área}(planta) \quad (3)$$

Em seguida, transformados em medidas de hectare, com base no número de plantas por hectare em cada Cenário.

$$Demanda/_{hectare} = Demanda/_{planta} \times N_{plantas}/_{hectare} \quad (4)$$

Os valores obtidos com a equação anterior estão expressos em L/hectare, e são então transformados em mm/hectare para facilitar a comparação com outros trabalhos.

4.4 Cálculos das necessidades hídricas e análise da influência da cultura florestal sobre o manejo da irrigação de consórcios

As simulações tiveram o objetivo de verificar o impacto de cada cenário nas necessidades hídricas da propriedade. Os dados verificados são relativos à demanda hídrica dos diferentes sistemas, ou seja, a quantidade de água requerida por cada cenário.

Sendo assim, a simulação visou assinalar possibilidades futuras, partindo-se de pontos que podem ser definidos e modificados durante a escolha do sistema, subsidiando um maior número de alternativas para a tomada de decisão. Sendo assim, foram considerados os seguintes cenários:

- ✓ Cenário 1: cenário base, com a presença da cultura agrícola (banana) na área. Neste cenário foi levado em consideração apenas as demandas da banana, considerando-se a condição existente até então na área: banana 3 x 3 metros (Figura 7);
- ✓ Cenário 2: neste cenário, cultura agrônômica foi simulada com um espaçamento diferenciado, mais próximo do que seria exigido por um sistema agroflorestal: 18 x 3 metros (Figura 8);
- ✓ Cenário 3: a cultura florestal (pupunha) e agrícola (banana) estão presentes na mesma área, sob espaçamento plausível de ser instalado em Área de Preservação Permanente. Espaçamento entre linhas de 6 metros, entre plantas de pupunha de 6 metros e entre plantas de banana de 3 metros. A lâmina hídrica considerada será aquela necessária para suprir tanto a cultura agrônômica quanto a cultura florestal (Figura 9);

- ✓ Cenário 4 neste cenários, cultura florestal (goiaba) e agronômica (banana) estão presentes na mesma área, sob espaçamento plausível de ser instalado em Área de Preservação Permanente. Espaçamento entre linhas de 6 metros, entre plantas de goiaba de 6 metros e entre plantas de banana de 3 metros. A lâmina hídrica considerada será aquela necessária para suprir tanto a cultura agronômica quanto a cultura florestal (Figura 10);
- ✓ Cenário 5: a cultura florestal (pupunha) e agronômica (banana) estão presentes na mesma área, sendo que o espaçamento utilizado para a cultura florestal é o mesmo utilizado em SAF (6x6), enquanto que o da banana é mantido constante (3x3). A lâmina hídrica considerada será aquela necessária para suprir tanto a cultura agronômica quanto a cultura florestal (Figura 11);
- ✓ Cenário 6: a cultura florestal (goiaba) e agronômica (banana) estão presentes na mesma área, sendo que o espaçamento utilizado para a cultura florestal é o mesmo utilizado em SAF (6x6), enquanto que o da banana é mantido constante (3x3). A lâmina hídrica considerada será aquela necessária para suprir tanto a cultura agronômica quanto a cultura florestal (Figura 12);

Com base nos dados aqui apresentados, é apresentado um quadro resumo (Quadro 8) sobre os sistemas agroflorestais selecionados.

Quadro 8 - Resumo dos cenários a serem simulados

	Espécies	Espaçamento (metros)		Nº de Plantas / Hectare	Localização	Observações
		Entre Plantas	Entre Linhas			
Cenário 1	Banana	3	3	1111	Áreas De Uso Restrito e Demais Áreas	Esquema de plantio mais utilizado na Região em estudo
Cenário 1	Banana	3	18	185	Áreas De Uso Restrito	Espaçamento a ser utilizado em SAF em áreas de uso restrito
Cenário 2	Banana	3	18	185	Áreas De Uso Restrito	SAF proposto para áreas de uso restrito, segundo legislação vigente
	Pupunha	6	6x6x12	185		
Cenário 3	Banana	3	18	185	Áreas De Uso Restrito	SAF proposto para áreas de uso restrito, segundo legislação vigente
	Goiaba	6	6x6x12	185		
Cenário 4	Banana	3	6	555	Demais Áreas	SAF proposto para manejo ambientalmente correto
	Pupunha	6	6	277		
Cenário 5	Banana	3	6	555	Demais Áreas	SAF proposto para manejo ambientalmente correto
	Goiaba	6	6	277		

Fonte: Autoria própria.

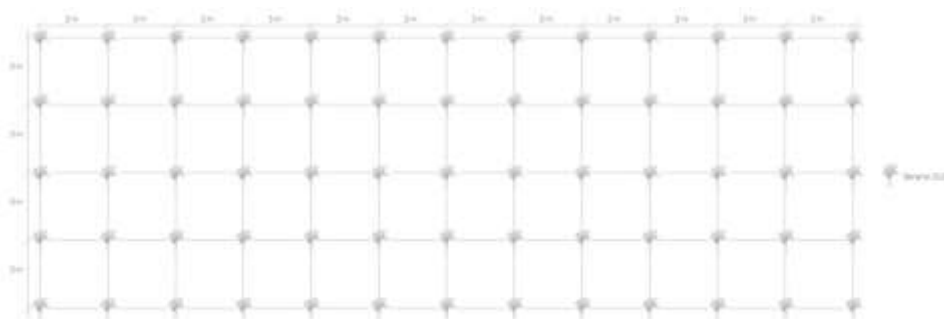


Figura 7 - Cenário 1 - Monocultura da banana com espaçamento 3x3 metros
Fonte: Autoria própria.

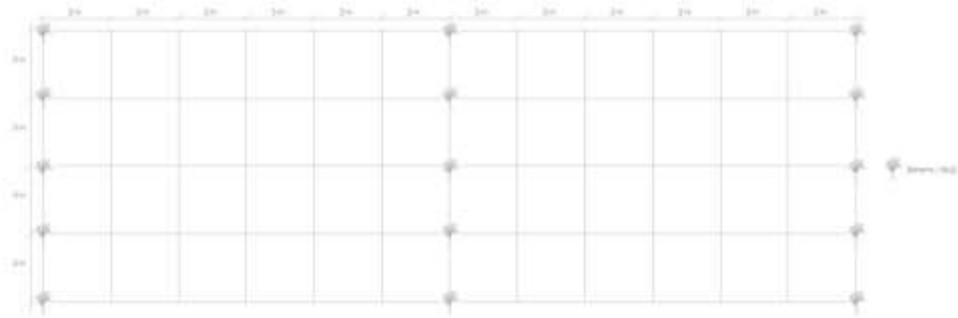


Figura 8 - Cenário 2 - Monocultura da banana com espaçamento alterado para 18x3 metros
Fonte: Autoria própria.

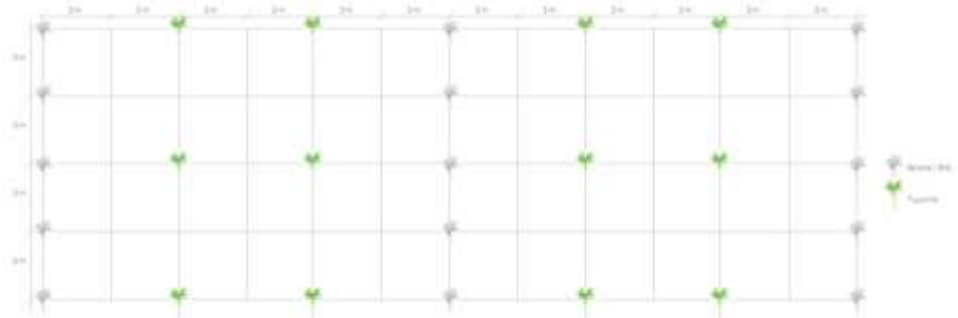


Figura 9 - Cenário 3 - Sistema Agroflorestal formado por banana e pupunha
Fonte: Autoria própria.

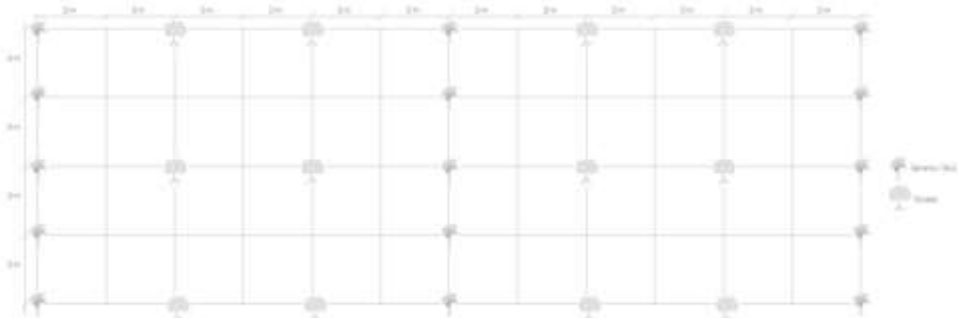


Figura 10 – Cenário4 - Sistema Agroflorestal formado por banana e goiaba
Fonte: Autoria própria.

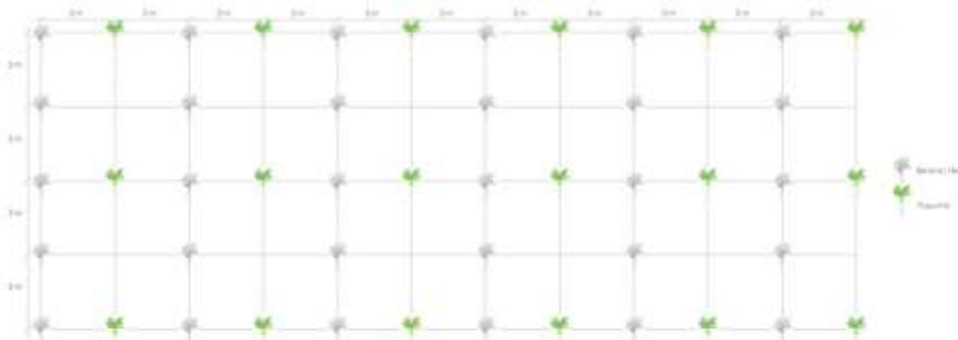


Figura 11 - Cenário 5 - Sistema Agroflorestal formado por banana e pupunha, em áreas sem restrição
Fonte: Autoria própria.

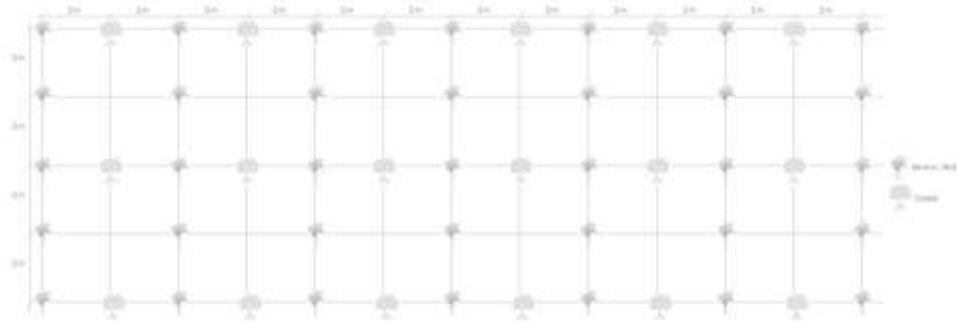


Figura 12 - Cenário 6 - Sistema Agroflorestal formado por banana e goiaba, em áreas sem restrição
Fonte: Autoria própria.

Após a obtenção da evapotranspiração por planta, os valores de ET_c por plantas em um hectare foi somado, obtendo-se a ET_c da área. Cabe aqui ressaltar que, embora os valores apresentem-se em mm/hectare, eles não são uma representação comum, mas uma adaptação das condições encontradas nesta simulação.

Essa representação é diferente, pois as plantas não ocupam 100% da área plantada, como pode ser observados nas figuras abaixo. Os valores são apresentados desta forma apenas para facilitar a comparação com outros trabalhos.

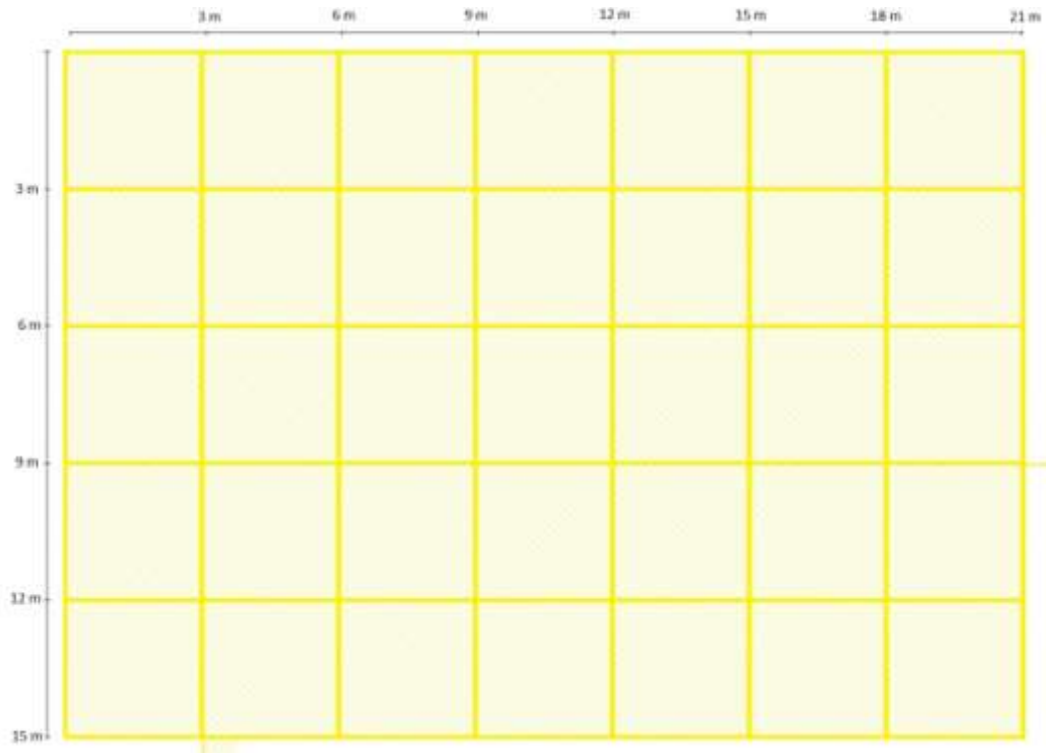


Figura 13 - Representação de um plantio de banana 3 x 3 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados negros = vazio

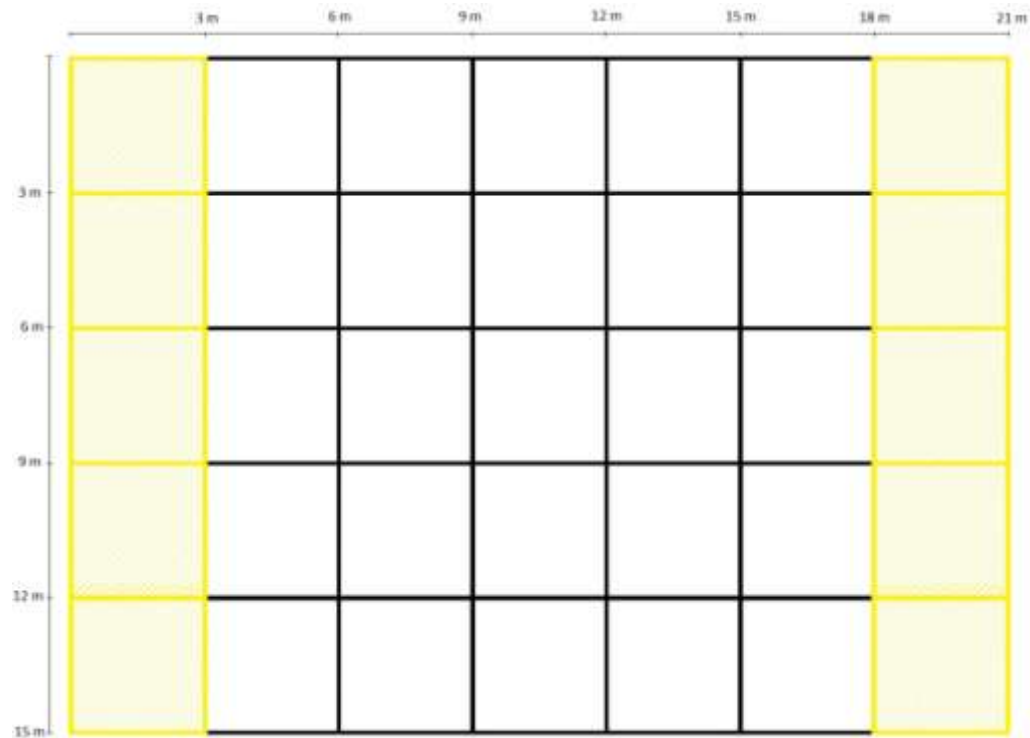


Figura 14 – Representação de um plantio de banana 18 x 3 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados negros = vazio

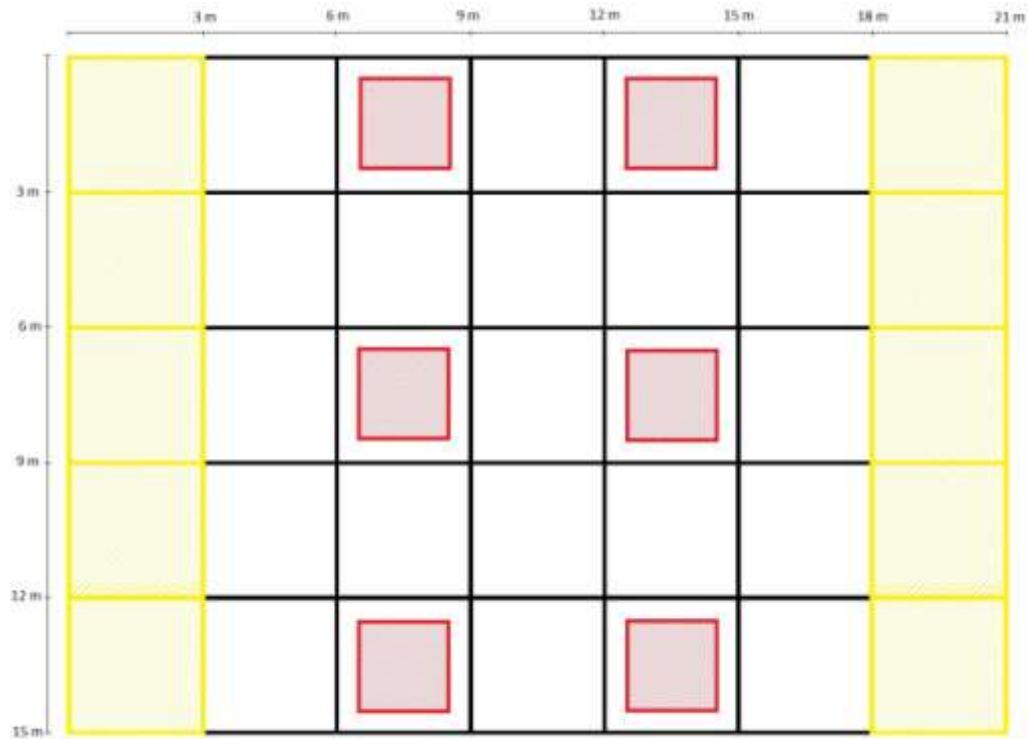


Figura 15 - Representação de um plantio agroflorestal de banana 18 x 3 metros e pupunha 6 x 6 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados Vermelhos = pupunha; Quadrados negros = vazio

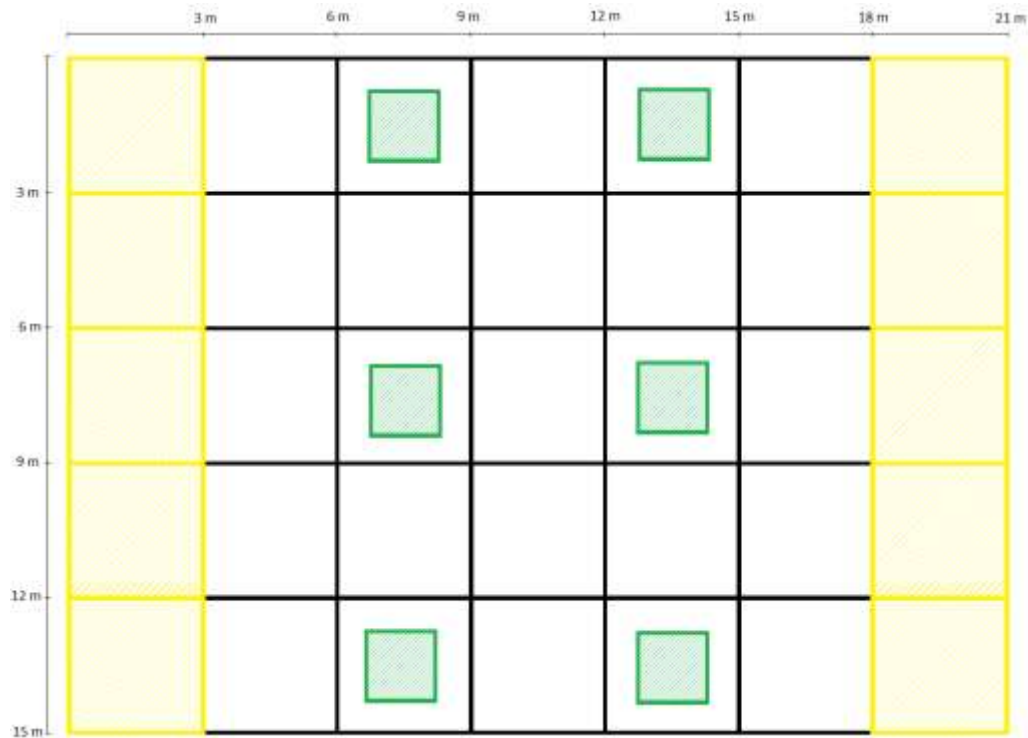


Figura 16 - Representação de um plantio agroflorestal de banana 18 x 3 metros e goiaba 6 x 6 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados Verdes = goiaba; Quadrados negros = vazio

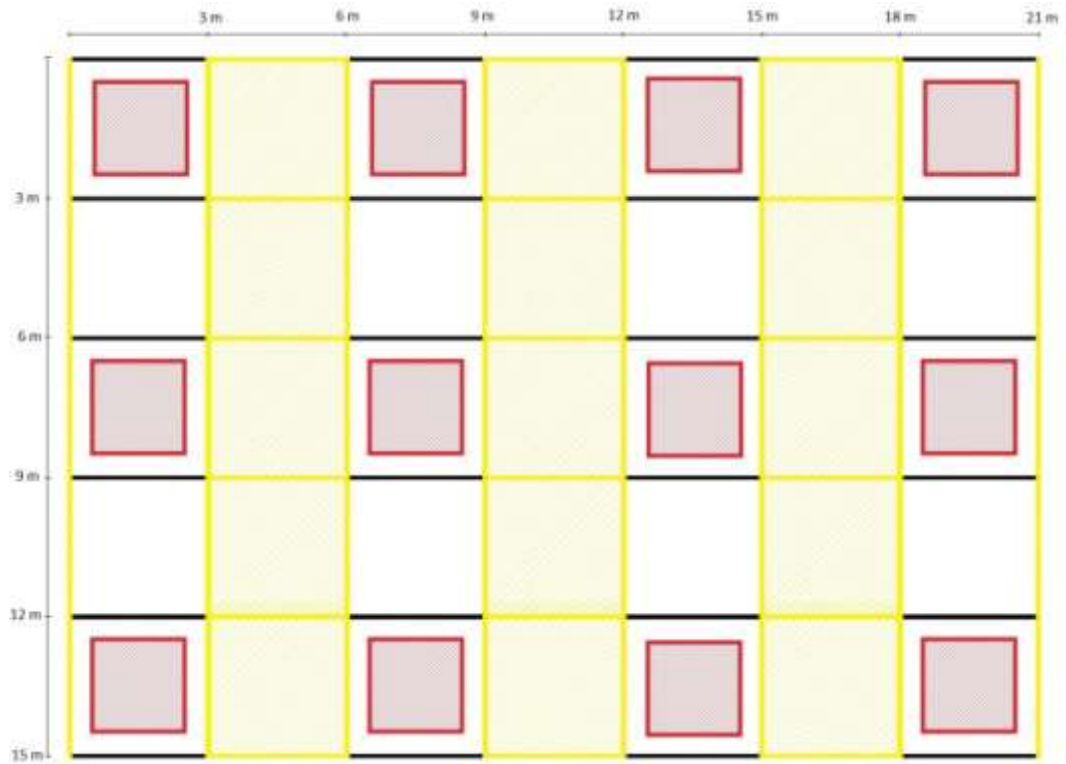


Figura 17 - Representação de um plantio agroflorestal de banana 18 x 3 metros e pupunha 6 x 6 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados Vermelhos = pupunha; Quadrados negros = vazio

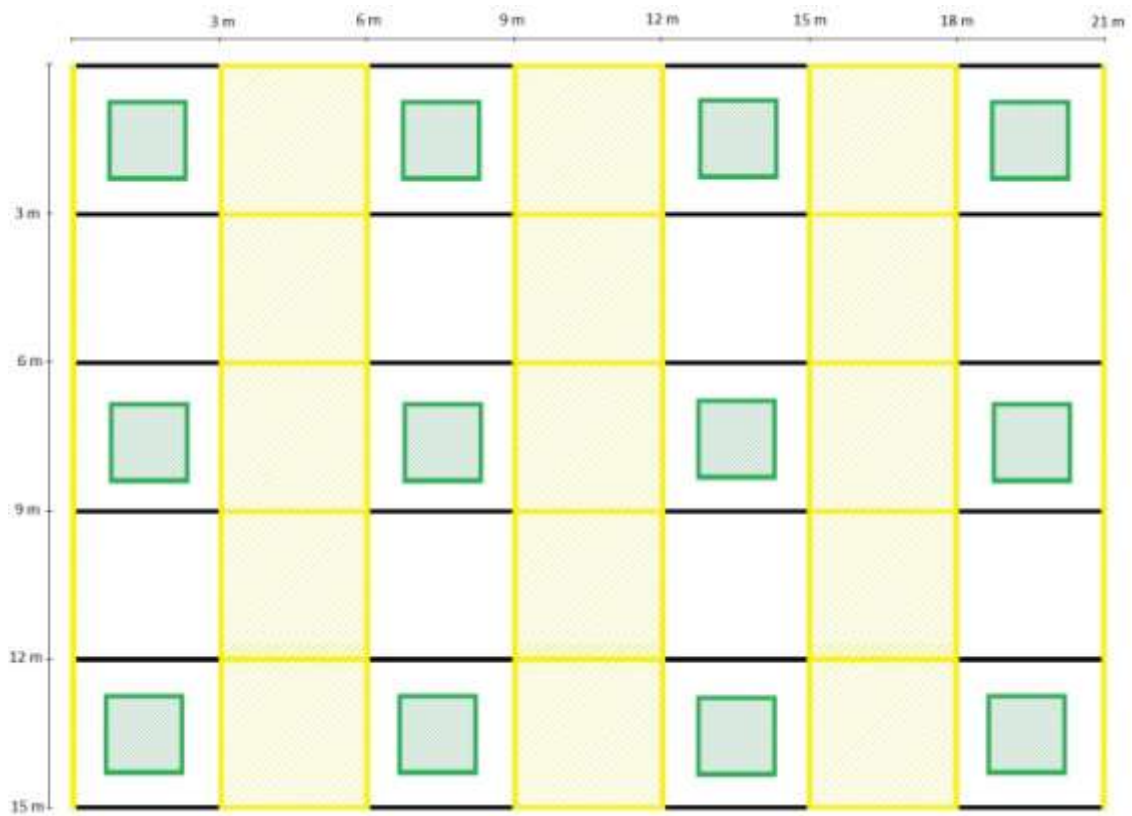


Figura 18 - Representação de um plantio agroflorestal de banana 3 x 3 metros e goiaba 6 x 6 metros. Quadrados amarelos = bananas; Quadrados Verdes = goiaba; Quadrados negros = vazio

Os cenários em termos de demanda por água foram analisados com base na linha do tempo (Figura 19), que mostra a interação entre agricultura e floresta. O que se espera com a modificação do plantio é descrito a seguir:

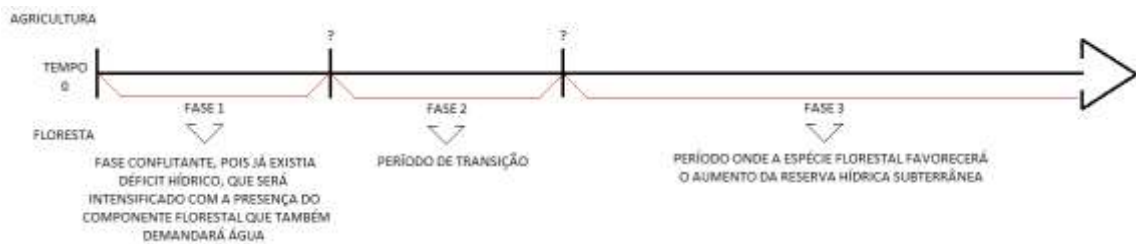


Figura 19 - Linha do tempo com relação ao balanço hídrico da análise dos conflitos existentes entre espécies agrícolas e florestais ao longo do ciclo das culturas

Fonte: Autoria própria.

Fase 1: durante um período inicial, enquanto as espécies se encontram em fase de implantação haverá conflito pelo uso da água, que já era escassa na região quando se tratava de suprir apenas a cultura agrícola.

Fase 2: fase de transição, onde haverá um período de transição, onde as culturas não mais competirão pelo recurso água, embora a espécie florestal ainda não contribua efetivamente para o aumento da disponibilidade hídrica local.

Fase 3: fase final, sendo aquela onde a espécie florestal minimizará os problemas de déficit hídrico iniciais, diminuindo os conflitos pelo uso da água.

Foram então levados em consideração os componentes necessários para o cálculo da evapotranspiração da cultura, como mencionado no tópico anterior. As possíveis mudanças em outros parâmetros, como infiltração e melhoria da qualidade do solo também são discutidas, dado que com a modificação do plantio a tendência é que mudanças possam ocorrer.

4.5 Análise Econômica

Com base nos resultados obtidos com as simulações, levando-se em consideração a área e o número de plantas por hectare, foi consultado o site do IBGE, observando a produção e a renda por hectare para o município de Itarana. Em seguida, os valores obtidos por hectare foram transformados para valores por planta, para que pudessem ser manejados de acordo com cada cenário trabalhado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados das simulações de cenários de sistemas agrícolas e agroflorestais, no contexto do aprimoramento do manejo de propriedades agrícolas. Para que facilitar o acompanhamento dos dados e a apresentação dos mesmos, é necessário ter em mente que a simulação apresenta cinco cenários, sendo um monocultivo e quatro de sistemas agroflorestais, como apresentado na Metodologia, sendo eles:

- ✓ Cenário de Monocultura 1: monocultura da banana (3x3 metros);
- ✓ Cenário de Monocultura 2: monocultura de banana (18x3 metros);
- ✓ Cenário Agroflorestal 3: sistema agroflorestal composto por pupunha (espaçamento 6 x 6 x 12 metros) e banana (18 x 3 metros);
- ✓ Cenário Agroflorestal 4: sistema agroflorestal composto por goiaba (espaçamento 6 x 6 x 12 metros) e banana (18 x 3 metros);
- ✓ Cenário Agroflorestal 5: sistema agroflorestal composto por pupunha (espaçamento 6 x 6 metros) e banana (6 x 3 metros), adequando-se o espaçamento da banana para a inserção da cultura florestal;
- ✓ Cenário Agroflorestal 6: sistema agroflorestal composto por goiaba (espaçamento 6 x 6 metros) e banana (6 x 3 metros), adequando-se o espaçamento da banana para a inserção da cultura florestal;

Além disso, a discussão está dividida em duas grandes partes, a primeira diz respeito ao comparativo dos plantios realizados em Áreas de Preservação Permanente e a segunda parte uma análise do restante das áreas cultiváveis, ambas na área tomada como referência para o desenvolvimento do estudo.

5.1 Avaliação da influência da cultura florestal sobre o manejo da irrigação da cultura agrícola

5.1.1 Área de Preservação Permanente

5.1.1.1 Avaliação do cenário utilizado na área tomada como referência para o desenvolvimento do estudo

Uma das principais formas de cultivo utilizadas no Córrego Sossego é, como já foi dito, o monocultivo da banana. O cultivo vem sendo desenvolvido em diversos pontos da bacia, incluindo beiras de rio e áreas com grande declividade, consideradas pela legislação como Áreas de Preservação Permanente.

Sendo assim, serão apresentados a seguir os resultados sobre o monocultivo da banana utilizado na bacia do Córrego Sossego e a uma conformação diferente da atual, mais próxima do que seria exigido para sistemas agroflorestais.

5.1.1.1.1 O plantio com o espaçamento 3 x 3 metros

Para entender melhor como se dá a demanda hídrica, é necessário analisar o Gráfico 1, que apresenta a evapotranspiração da cultura da banana em um hectare ao longo do primeiro ciclo de cultivo. A média de demanda dessa monocultura na situação apresentada é de 2,57 mm/dia. A demanda inicialmente baixa nos primeiros meses seguidos ao plantio se devem ao baixo K_c apresentado pela cultura durante a fase inicial ($K_c=0,4$), e a medida que a cultura vai se desenvolvendo, ocorre um aumento da demanda de água.

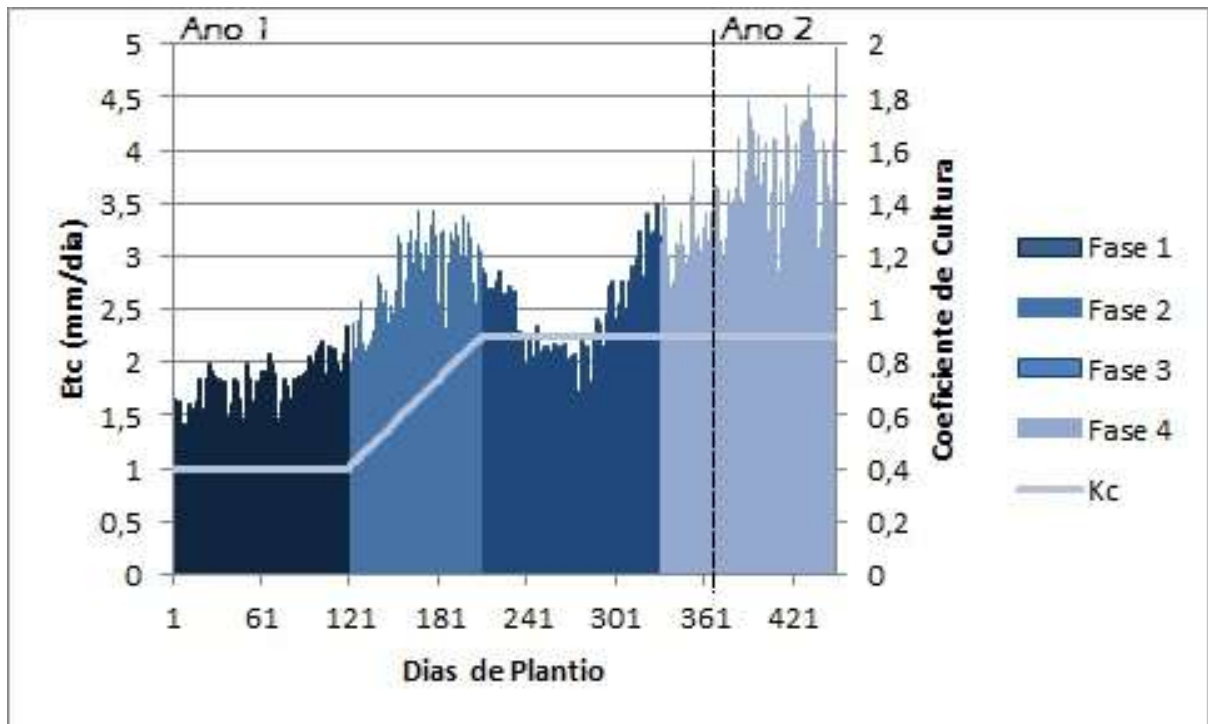


Gráfico 1 - Demanda hídrica x coeficiente de cultura para o monocultivo da banana (espaçamento 3x3)

A evapotranspiração máxima observada em um dia foi de 4,61 mm, que ocorreu durante a fase final do ciclo, valor semelhante ao que foi medido por Montenegro *et al.* (2008), que constatarem demanda máxima de 5,4 mm/dia porém, durante a fase de desenvolvimento e, diferentemente do que foi notado por Freitas *et al.* (2008), onde a evapotranspiração máxima ocorreu durante a fase de produção, e alcançou valor máximo de 7,6 mm/dia.

Essa diferença observada pode estar relacionada às diferentes condições hídricas observadas em cada local, uma vez que a demanda hídrica da espécie é baseada não só nas necessidades da cultura em dada fase de desenvolvimento, como também da evapotranspiração de referência ocorrida na área.

Para entender melhor o que foi dito, pode-se observar o destaque no Gráfico 2, que salienta uma queda de evapotranspiração da cultura juntamente com uma diminuição da evapotranspiração de referência, embora essa seja uma época seca do ano (meses de abril a setembro). Como a demanda é diretamente proporcional a evapotranspiração de referência, ocorreu essa redução na demanda.

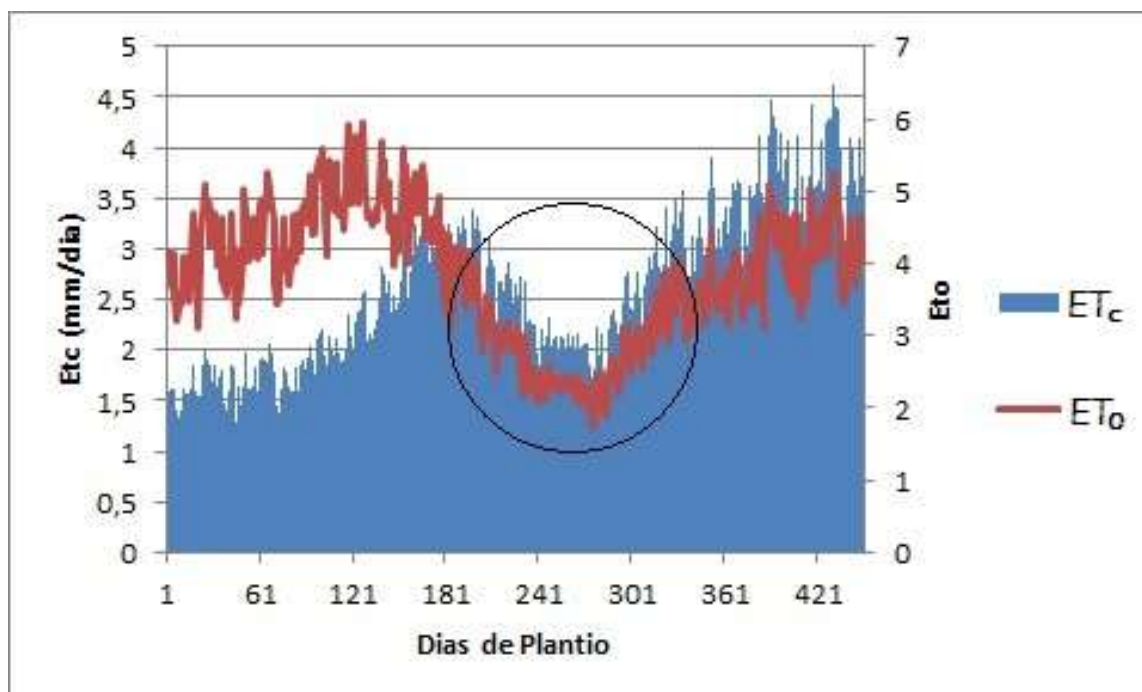


Gráfico 2 - Demanda hídrica x Evapotranspiração de referência para o monocultivo da banana (espaçamento 3x3)

Ainda assim, o comportamento da banana em termos de demanda foi dentro do esperado: passou por um período de baixa demanda durante a fase de instalação da cultura, ocorrendo uma demanda inferior durante o período seco e apresentando uma demanda mais elevada durante o período chuvoso final, quando a espécie já se encontrava na fase adulta (K_c alto e ET_o alta). Essas variações na demanda hídrica da planta dependem, segundo Borges & Souza (2004), da idade da planta e da fase fenológica pela qual a espécie está passando.

Como apresentado na Metodologia, essa região apresenta, em média, sete meses de seca; sendo assim, apesar de apresentar maior carência de água nos meses de outubro a março, essa demanda por água é suprida pela precipitação, enquanto que durante o período seco, essa demanda hídrica é suprida em sua maior parte através de irrigação.

Observar as mudanças de ET_c na área em estudo é necessário, uma vez que, como dito na Revisão de Literatura, existe o problema de déficit hídrico na região. Esse problema pode estar relacionado ao fato de os produtores não serem instruídos por técnicos ou engenheiros da área, mas realizarem o manejo baseado nos hábitos e experiências de vizinhos (LOPES, 2011). Caso o manejo não seja realizado de maneira correta, a não observação dessas variações na demanda hídrica pode gerar o excesso de molhamento na área ou mesmo o déficit, casos que já foram constatados na região por Lima (2013).

5.1.1.1.2 O plantio da cultura da banana com o espaçamento 18 x 3 metros

O novo espaçamento simulado apresenta distância entre linhas de 18 metros, embora a distância entre plantas dentro de uma mesma linha tenha sido mantida (3 metros). A demanda hídrica desse cenário pode ser observada no Gráfico 3. A média de demanda diária foi de 0,42 mm. Essa redução na demanda hídrica se deu devido ao espaçamento utilizado para o plantio. Anteriormente, quando plantada com espaçamento 3x3, o bananal ocupava 100% da área, enquanto que nessa conformação a banana ocupa cerca de 16,65% da área, pois o número de plantas por hectare foi reduzido, passou de 1111 para 185 plantas.

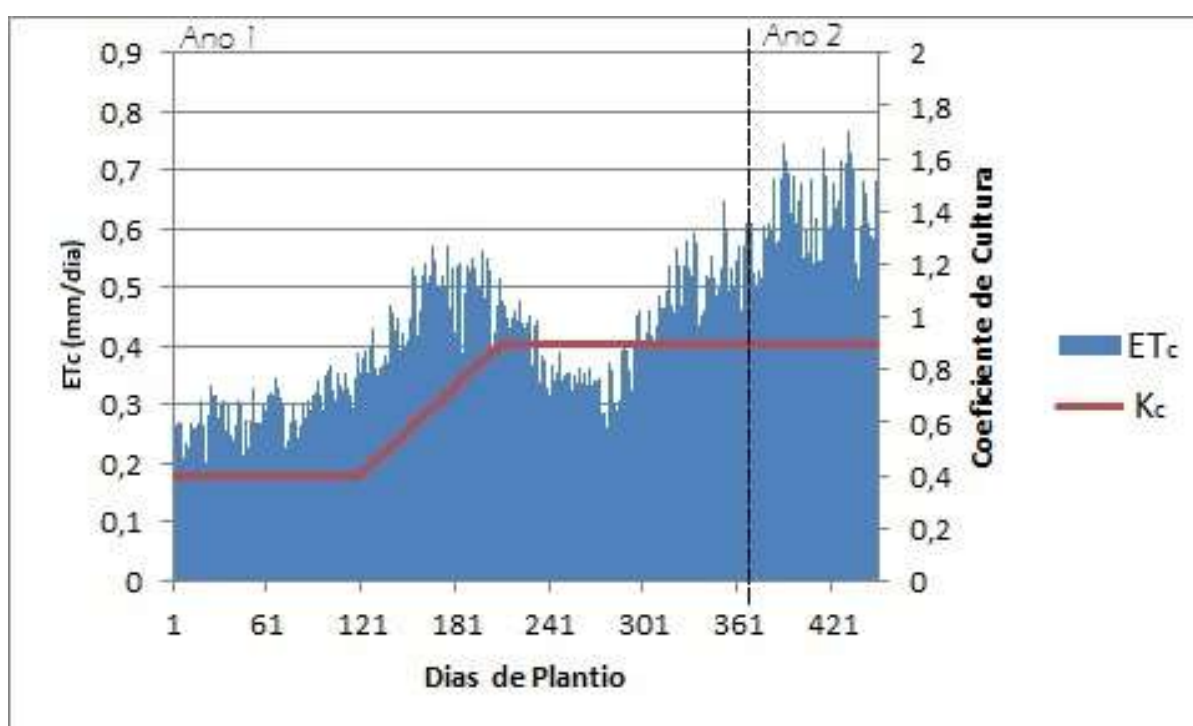


Gráfico 3 - Demanda hídrica x coeficiente de cultura para o monocultivo da banana (espaçamento 18x3)

5.1.1.1.3 A influência do espaçamento nas necessidades do plantio

A demanda hídrica da cultura da bananeira depende, como dito na Revisão de Literatura, das condições meteorológicas locais, que resultam em diferentes necessidades. O espaçamento é

um fator que afeta essa demanda, e as mudanças advindas desse aumento serão discutidas a seguir.

A demanda hídrica por hectare é afetada pelo espaçamento utilizado entre linhas e entre plantas para o plantio. A densidade do plantio afetou a demanda hídrica de tal forma que ela caiu consideravelmente (Gráfico 4). A média de demanda diária que durante o espaçamento 3 x 3 metros esteve em 2,57 mm/dia, caiu para 0,42 mm/dia quando o espaçamento foi modificado para 18 x 3 metros, ou seja, diminui aproximadamente 80%.

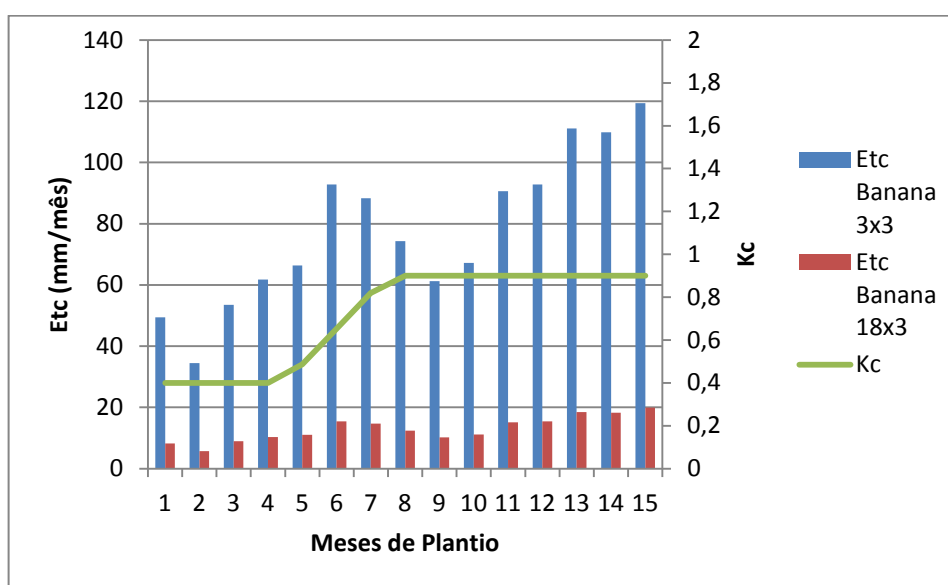


Gráfico 4 - Demandas hídricas comparativas entre os plantios de banana 3x3 e 18x3

Essa diminuição na demanda hídrica foi modificada pelo aumento do espaçamento. Esse fator afeta a disponibilidade hídrica local, uma vez que quanto maior o número de plantas por hectare, maiores serão as demandas de água em caso de seca. Esses resultados corroboram com o que foi notado por Montenegro *et al.* (2008), que afirma que a demanda hídrica das plantas é afetada pela quantidade de água disponível na zona radicular, que sofre influência direta do espaçamento.

A alta densidade de plantas por hectare também diminui o peso médio por cacho, atrasa o desenvolvimento dos filhos e favorece o entrelaçamento de raízes, o que pode aumentar a competição por água, nutrientes e luminosidade, através da sobreposição das folhas.

No entanto, não existem apenas vantagens com o aumento do espaçamento. O plantio adensado também apresenta vantagens, pelas quais tem sido largamente utilizado. São elas: aumento do número de cachos colhidos por área, gerando consequentemente um aumento da produção/área; controle natural de espécies invasoras, devido ao sombreamento gerado pelo adensamento; e redução do número de filhos após a primeira colheita, como resultado do adensamento, o que reduz os gastos com mão-de-obra em um primeiro momento (GUERRA, 2013).

5.1.1.2 Avaliação do Cenário 3 – Banana com Pupunha

Neste tópico será discutida a influência do plantio da cultura da Pupunha sobre o manejo da irrigação da cultura da banana. No Gráfico 5 é possível perceber que a demanda hídrica do Cenário 1 foi muito superior a do Cenário 2 durante todos os anos analisados. Além disso, dentro do Cenário 2, a demanda por água da banana foi maior do que a da pupunha, sendo a demanda hídrica média mensal da banana 15,87 mm/ha (ou 0,52 mm/dia), enquanto que a da pupunha foi 5,38 mm/ha/mês (ou 0,18 mm/dia).

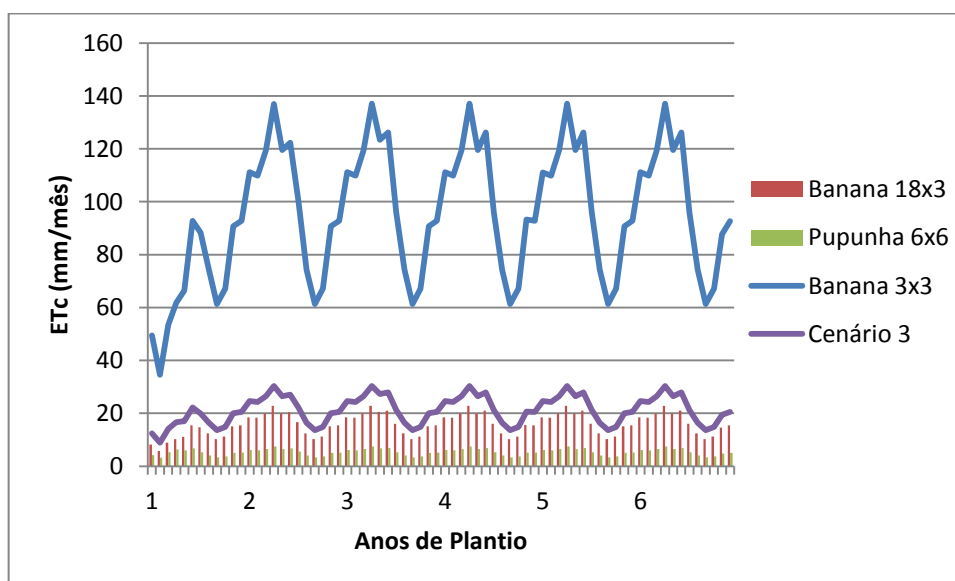


Gráfico 5- Demanda comparativa entre Cenários 1 (banana 3x3), 2 (banana 18x3) e 3 (banana 18x3 e pupunha 6x6)

A demanda hídrica superior apresentada pelo Cenário 1 (3x3) está relacionada com o espaçamento utilizado, pois embora a pupunha seja uma planta mais exigente em água do que a banana, ocupa um espaço reduzido (2,25 m²/planta) quando comparada aos 9 m² ocupados por planta de banana.

Através da análise do Gráfico 5, percebe-se que houve uma diminuição drástica na demanda por água da monocultura para o sistema agroflorestal, inclusive durante o período inicial, e o aumento do espaçamento entre plantas foi um fator determinante para que houvesse uma diminuição na demanda por água. Apesar de parecer uma baixa densidade de plantas por hectare (185 plantas de banana, 185 plantas de pupunha, totalizando 370 plantas), Cordeiro (2003) observou que espaçamentos maiores são melhores para evitar a competição por água, diminuindo também o risco de doenças, como sigatoka.

Essa preocupação com a quantidade de água demandada ocorre porque a necessidade hídrica é o fator principal quando se fala na implantação de um SAF, principalmente com relação à quantidade disponível para as plantas durante o período inicial, quando a demanda por água tende a ser maior. Durante esse período (fase de instalação da cultura), as plantas de pupunha necessitam de água com regularidade, correndo o risco de crescerem em altura, porém não em diâmetro, e até mesmo, ocorrer um atrasado na produção, caso não haja água suficiente, como foi mencionado por Rezende *et al.* (2005).

O espaçamento desse sistema é diferente do utilizado em áreas com fins exclusivamente comerciais, pois visa garantir a sustentabilidade do ecossistema. Essa mudança, como dito na Revisão de Literatura, foi provocada pela mudança na legislação ambiental, que se posiciona a favor da melhor gestão dos recursos hídricos, e ao aumentar o espaçamento entre plantas; cria melhores condições para o seu desenvolvimento de maneira adequada.

A conformação modificada especificamente para situações de sistemas agroflorestais corrobora com o que foi estudado por Ong *et al.* (1991) que, ao analisar a movimentação de água no solo, percebeu que o aumento do espaçamento poderia ser uma estratégia para impedir a utilização de grandes quantidades de água em locais em que ela pode não estar disponível, como foi aqui proposto. Essa mudança afetou também outros fatores, como interceptação pela copa e taxa de evapotranspiração, já mencionados na Revisão de Literatura.

A interceptação pela copa tende a ser maior em ambas as espécies durante a fase adulta devido ao espaço que ocupa e ao tamanho de sua copa. No entanto, ao contrário do que se

espera com plantios anuais, a taxa de evapotranspiração da cultura não é reduzida, pois sempre existem perfilhos em formação, o que dá uma característica perene à espécie.

A quantidade de perfilhos deixados na planta também irá afetar a quantidade de água interceptada. Quando plantada em espaçamentos comerciais, devido ao adensamento, é necessário realizar o manejo dos perfilhos, no caso das simulações aqui realizadas, no entanto, onde a densidade de árvores por hectare é baixa, não é necessário realizar esse manejo (NEVES *et al.*, 2006).

Para exemplificar o que foi discutido, é necessário observar o Gráfico 6, no qual é possível comparar a diferença que ocorreria caso as espécies fossem replantadas a cada ciclo, e o comportamento que ocorre quando conduzidas em sistema de rebrota.

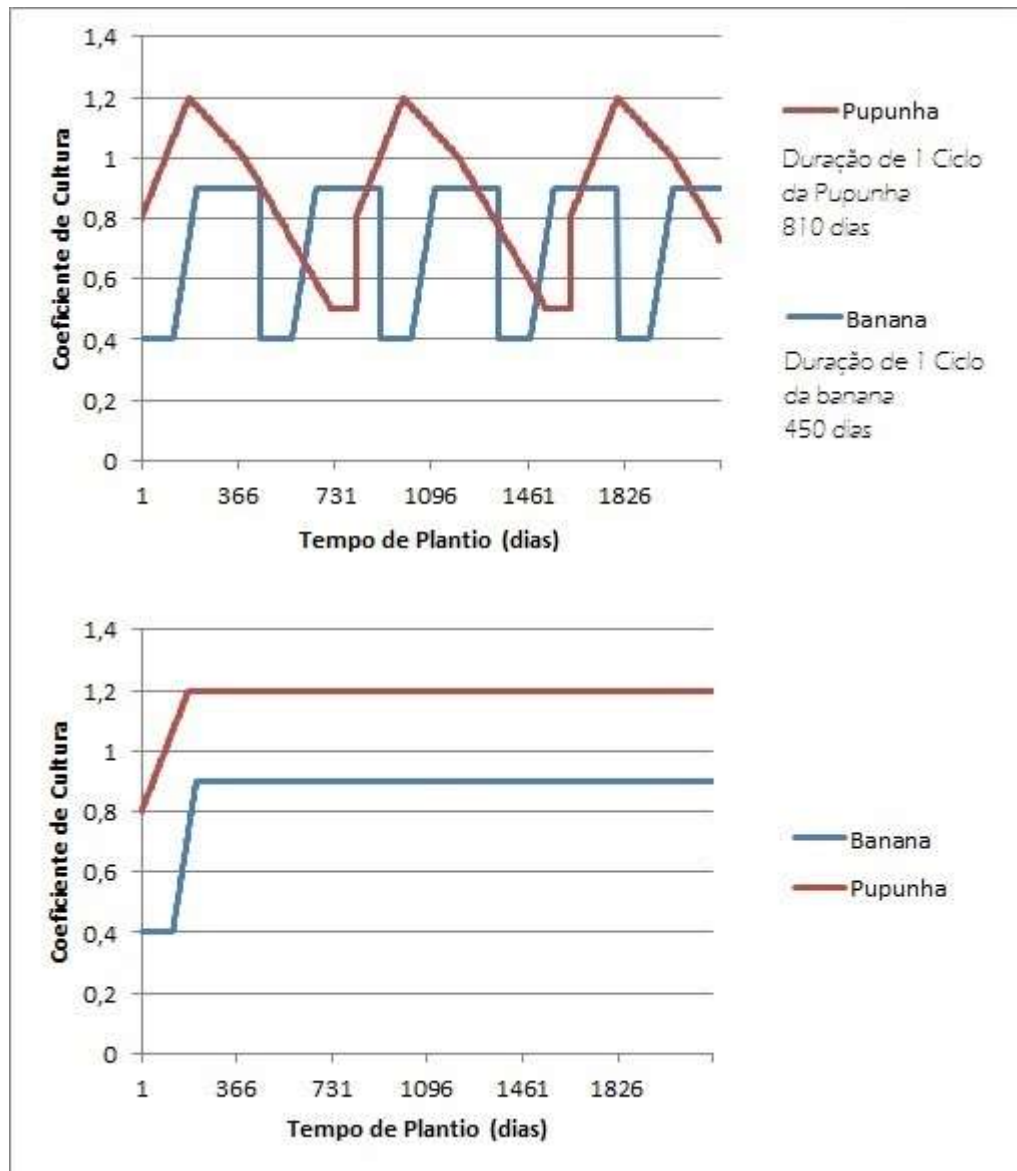


Gráfico 6 - Coeficiente de cultura comparativo ao longo dos anos para as culturas Banana e Pupunha, quando considerados ciclos de replantio e ciclos de rebrota

A partir do Gráfico 6 também é possível inferir sobre as estratégias de manejo a serem adotadas, já que o período de rebrota das espécies não coincide sempre com o período de plantio utilizado inicialmente (mês de outubro). A banana é uma planta que apresenta propagação através de rizomas, que irão brotar a partir dos 45 dias de plantio, sempre iniciando novas brotações, que poderão ou não ser manejadas (CORDEIRO, 2003). O mesmo ocorre com a pupunheira, diferindo apenas no tempo que os perfilhos demoram para produzir, que se dá de forma muito mais rápida do que a da planta mãe (MOSSANEK, 2013).

No caso da bananeira, é recomendável que seja realizado o corte do pseudocaule após a colheita em, no máximo, sessenta dias após a colheita. Esse tempo é necessário para que ocorra a troca de nutrientes entre planta mãe e planta filha, além de antecipar a decomposição e o processo de cicatrização (BORGES *et al.*, 2009). Para a pupunheira, não é necessário esperar todo esse tempo; no entanto, deve-se realizar o corte alto, permitindo o aproveitamento dos nutrientes pelos perfilhos (RESENDE, 2004).

5.1.1.3 Avaliação do Cenário 4 – Banana com Goiaba

Neste tópico será discutida a influência do plantio da cultura da Goiaba sobre o manejo da irrigação da cultura agrícola. No Gráfico 7 podem ser observadas as demandas hídricas dos Cenários 1 e 3. Dentro do Cenário 3, a demanda por água da banana foi menor do que a da goiaba, sendo que a demanda hídrica média da banana foi de 15,87 mm/ha/mês (ou 0,52 mm/dia), enquanto que a da goiaba foi de 20,00 mm/ha/mês (ou 0,65 mm/dia).

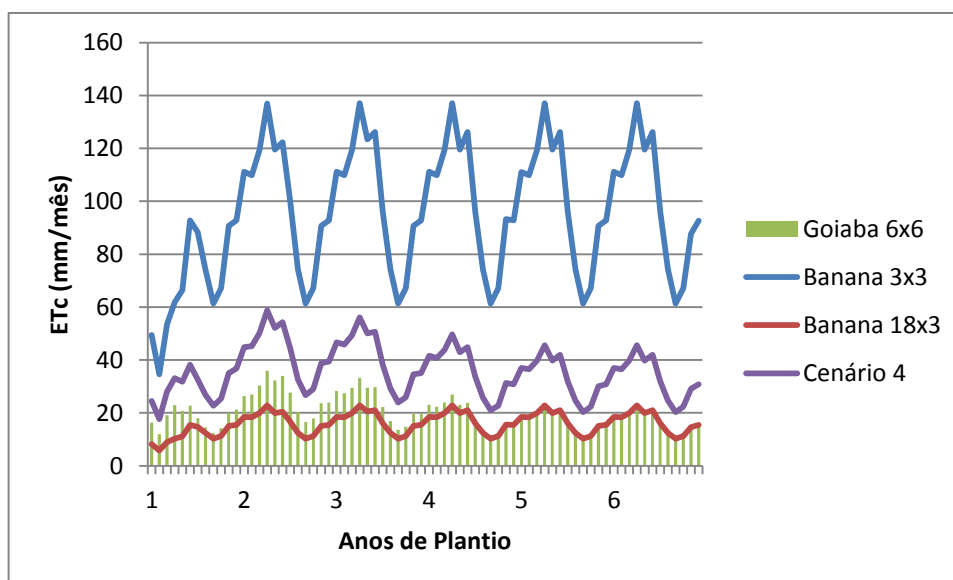


Gráfico 7 – Demanda hídrica comparativa entre os Cenários 1 (banana 3x3), 2 (banana 18x3) e 4 (sistema agroflorestal entre banana e goiaba)

A partir do Gráfico 7 percebe-se também que, ao contrário do que acontece com a pupunha, a demanda hídrica da goiaba é alta e, por diversos meses é superior à demanda da banana dentro do Cenário 3. No entanto, analogamente ao que foi dito no tópico anterior acerca do espaçamento, quando comparado com a monocultura da banana ainda existe uma redução considerável da necessidade de água.

Devido à escassez hídrica do local, alguma competição por água pode ocorrer nos primeiros 45 cm de solo, devido à maior concentração de raízes de ambas espécies nessa faixa de solo. Esse fenômeno, no entanto, atuará apenas durante o período de desenvolvimento da goiaba, já que a espécie apresenta raízes mais profundas do que as da banana, podendo alcançar mais de um metro de profundidade, como foi observado por Bassoi (2002). A goiaba começa a retirar água de camadas que não eram exploradas pela cultura da banana.

Com o passar do tempo, no entanto, o sistema radicular da goiaba tende a reagir à mudança entre a estação chuvosa e seca, indo ainda mais fundo em busca de água, gerando uma “sobra” de água nas camadas superficiais, que poderá ser utilizada pela cultura anual, como foi constatado por Lehmann *et al.* (1998). O autor realizou um estudo sobre a distribuição do sistema radicular de sistemas agroflorestais em solos com déficit hídrico, confirmando esse aumento do número de raízes.

Apesar de a água ser um fator escasso nesta região, outros recursos (como no caso dos nutrientes do solo) estavam sendo subutilizados com o plantio de apenas uma espécie. Com a introdução da nova espécie, que apresenta necessidades diferentes daquelas apresentadas pela banana, as espécies passam a ter um consumo complementar, beneficiando o uso de outros recursos e/ou camadas do solo, como foi sugerido em estudos realizados por Cannell *et al.*, (1996).

Ao comparar o comportamento das culturas da goiaba e da banana, percebe-se que o ciclo da banana quando conduzida sob sistema de rebrota se assemelha ao da goiaba, atingindo um pico de demanda durante a fase de desenvolvimento (Gráfico 8). O Kc da goiaba apresenta uma pequena variação ao longo dos anos subsequentes quando transita entre a época de frutificação e a época sem produção, sendo apresentado uma média destes valores, e o mesmo ocorre com a banana, que por apresentar rebrotas em idades diferentes, apresenta uma demanda média constante.

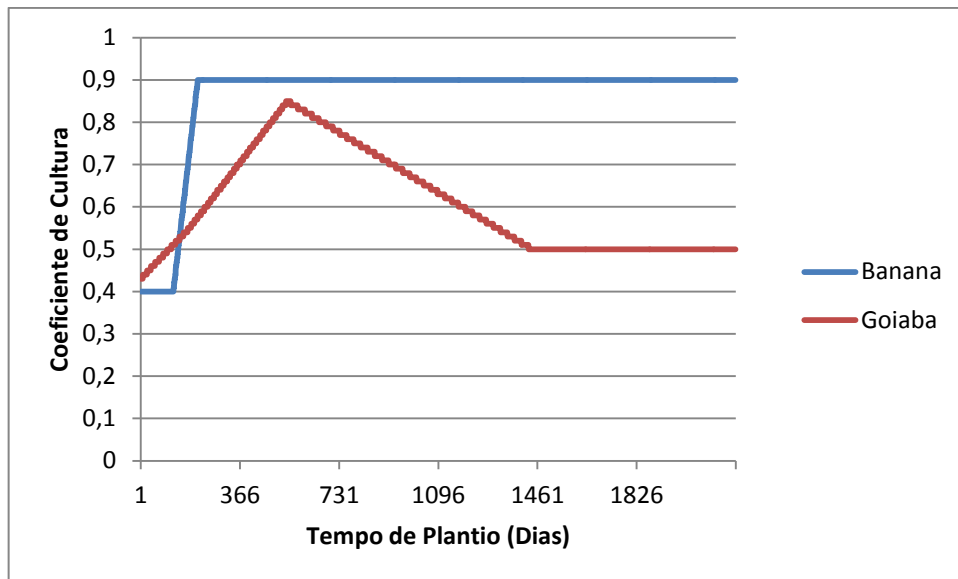


Gráfico 8 - Coeficientes de cultura para as culturas da banana e goiaba

A condução do manejo desse sistema será diferenciada, visto que embora a banana seja uma espécie anual, está sendo manejada em sistema de rebrota e a goiaba apresenta ciclo perene a partir da fase 3. Neste caso, o manejo deverá, além de se basear em princípios agroecológicos que garantam aliar sustentabilidade a ganhos socioeconômicos, como foi proposto pelo código florestal, permitir que a banana tenha condições ideais para rebrotar.

Embora o manejo de sistemas agroflorestais seja mais complexo devido ao maior número de espécies presentes, comparativamente ao Cenário 2, esse sistema apresenta uma menor complexidade. Isso porque, quando a goiaba atingir a fase adulta, o seu manejo nos anos que seguem será baseado apenas nas fases de produção, sem englobar as fases de rebrota e desenvolvimento.

5.1.1.4 A escolha da cultura florestal: diferenças em relação à escolha da espécie

Neste tópico serão discutidas as exigências das culturas florestais estudadas por cada tipo de fator (como: água, nutrientes, luz, etc), pois são eles que irão definir se o sistema será bem sucedido ou se a espécie passará a ser um fator limitante de crescimento.

O primeiro fator é a profundidade do sistema radicular, pois é ela que ditará se o consumo será mais superficial ou mais profundo. Sendo assim, espécies diferentes tendem a usar diferentes quantidades de água de cada camada.

Por ser uma espécie florestal perene, a goiaba tem a capacidade de lançar raízes à procura de zonas mais úmidas do solo, como foi exposto por Ferreira (2004), o que diminuiria a competição por água nas camadas superficiais após o período inicial. No entanto, estudos que verificam as interações sob o solo realizados por Lehmann *et al.* (1998) sugerem que ainda é difícil saber se existe correlação entre o padrão de crescimento das raízes de cada espécie e a sua habilidade em proliferar raízes em resposta a áreas mais molhadas do solo (Figura 20).

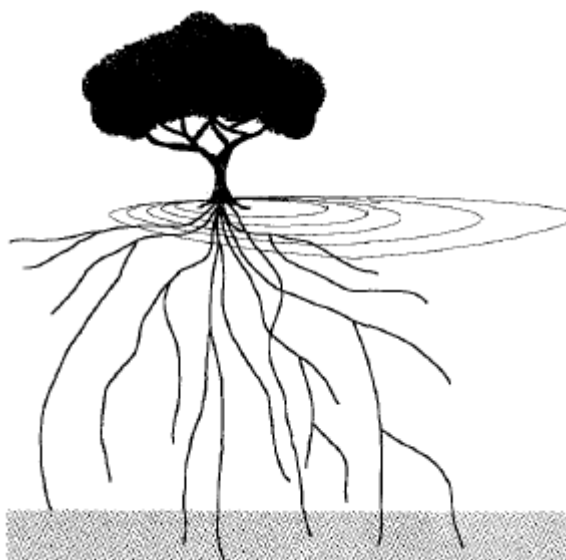


Figura 20 - Ilustração de como uma árvore é capaz de prolongar suas raízes em respostas a áreas mais molhadas do solo

Fonte: Dawson (1993).

Nota: Adaptada pela autora.

Outro experimento realizados com espécies florestais em monocultivo e em consórcio com a grama por Fernández *et al.* (2008) observaram que em SAF a espécie florestal é capaz de capturar água de camadas profundas, tornando-a disponível para a grama, como já havia sido sugerido anteriormente no item 5.1.1.3.

A quantidade de água que cada espécie demanda também é importante, pois definirá se a planta irá se adaptar a determinado local. No Gráfico 9, é possível observar essas demandas. O Cenário 3 é superior em demanda hídrica ao Cenário 4: enquanto a média de demanda do

Cenário 3 é 21,25 de mm/ha/mês (ou 0,70 mm/dia), a do Cenário 4 é de 35,87 mm/ha/mês (ou 1,19 mm/dia).

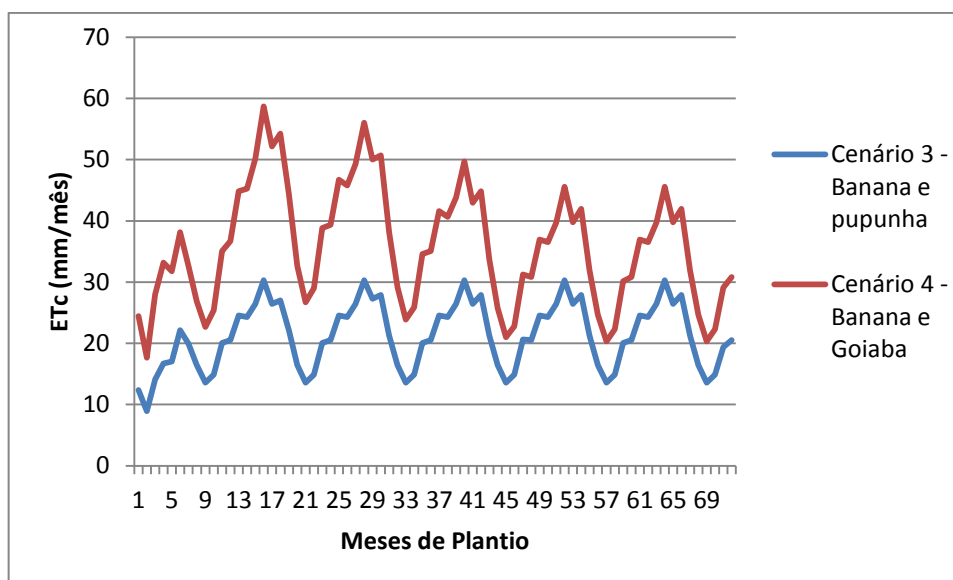


Gráfico 9 - Demanda hídrica comparativa entre os cenários 3 (banana com pupunha) e 4 (banana com goiaba)

Ambas as espécies florestais são dependentes da irrigação; caso não fossem irrigadas, a pupunha, por ser uma espécie exigente, poderia apresentar déficit de crescimento ou mesmo não sobreviver. A goiaba por sua vez, embora seja resistente a condições adversas de plantio, necessita da água para manter a produção alta durante todo o ano e, sem a disponibilidade hídrica necessária, a planta não teria uma produção escalonada ao longo do ano, como foi dito por Sampaio *et al.* (2011), prejudicando os produtores que dependem dessa renda.

Outro fator a ser observado é a luminosidade, que também pode afetar o desenvolvimento das espécies. Com relação à luz, a pupunha pode ser plantada juntamente com espécies agrícolas anuais desde que haja um aumento do espaçamento, como ocorreu neste experimento. Isso é justificado pelo fato da planta ser sensível ao sombreamento, florescendo e frutificando pouco quando sombreada, como foi observado por Morsbach *et al.* (1998).

Esse aumento da quantidade de luz que entra no sistema também é benéfico para banana, pois um experimento realizado por Moura *et al.* (2002) constatou que permite um maior crescimento da planta, o que irá aumentar a produção por planta. No caso da goiaba, a luminosidade gerada pelo espaçamento é importante para garantir um bom arejamento para as

plantas, bem como espaço suficiente para a realização das podas, que devem ocorrer com frequência.

5.1.1.5 *Análise integrada de cenários de demanda hídrica*

Neste tópico, será realizada a análise integrada das principais diferenças observadas com relação aos três cenários simulados até então, a fim de visualizar comparativamente as mudanças com relação ao cenário utilizado atualmente na área tomada como base para o desenvolvimento do estudo. Para isso, foi utilizada a linha do tempo, já apresentada na Metodologia, como base para início das considerações. Através da análise da mesma espera-se compreender as mudanças no comportamento do balanço hídrico em decorrência da implantação do componente florestal juntamente com o agrícola.

No Gráfico 10 estão representadas as demandas por água, em milímetros por hectare, dos cenários analisados, ao longo dos anos de cultivo. As demandas médias apresentadas pelos Cenários 1 (3x3), Cenário 2 (18x3), Cenário 3 e Cenário 4, respectivamente 95,31 mm/mês, 15,86 mm/mês, 21,25 mm/mês e 35,87 mm/mês.

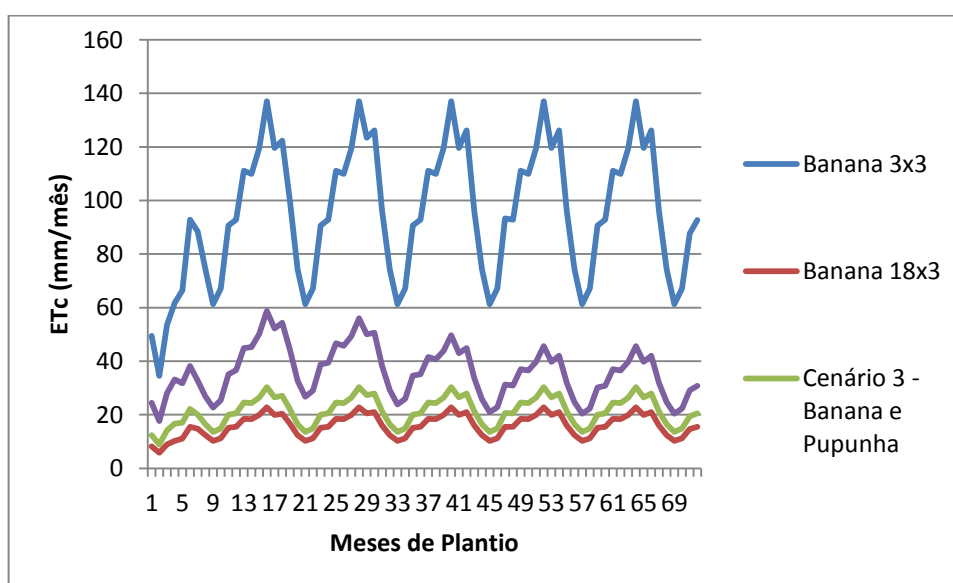


Gráfico 10 - Demanda hídrica dos diferentes Cenários ao longo dos anos analisados. Cenário 1 monocultura da banana no espaçamento 3x3 metros, Cenário 2 monocultura da banana no espaçamento 18x3 metros; Cenário 3 sistema agroflorestal de banana com pupunha; Cenário 4 sistema agroflorestal de banana com goiaba

Durante primeira fase, que seria a que se segue ao plantio, esperava-se um aumento da demanda hídrica. No entanto, houve uma diminuição considerável da demanda por água, mesmo durante os primeiros meses. Ao contrário do que se esperava com a implantação dos SAF, não foi notada competição, uma vez que no Cenário 1, foi selecionada a técnica de adensamento, diferentemente do espaçamento utilizado atualmente, voltado para a sustentabilidade do ecossistema juntamente com os ganhos econômicos, como foi havia sido mencionado.

Se ainda assim houvesse pouca água no local para irrigar ambas as culturas durante esse período inicial, essa competição inicial poderia ser contornada, como foi sugerido por Schroth (1999), através do escalonamento do plantio, realizando o plantio da espécie florestal primeiro, para que não houvesse competição por água ou mesmo nutrientes, já que esses são fatores limitantes no início da estação chuvosa.

Sobre o comportamento da demanda hídrica dos diferentes sistemas, no Gráfico 11 é possível observar o coeficiente de cultura ao longo do ciclo de cada espécie. Como a demanda é proporcional a esse coeficiente, pode-se perceber que ocorrerem picos de demanda por água apenas no desenvolvimento, diferentemente do que poderia ser observado caso as espécies anuais fossem replantadas a cada ciclo.

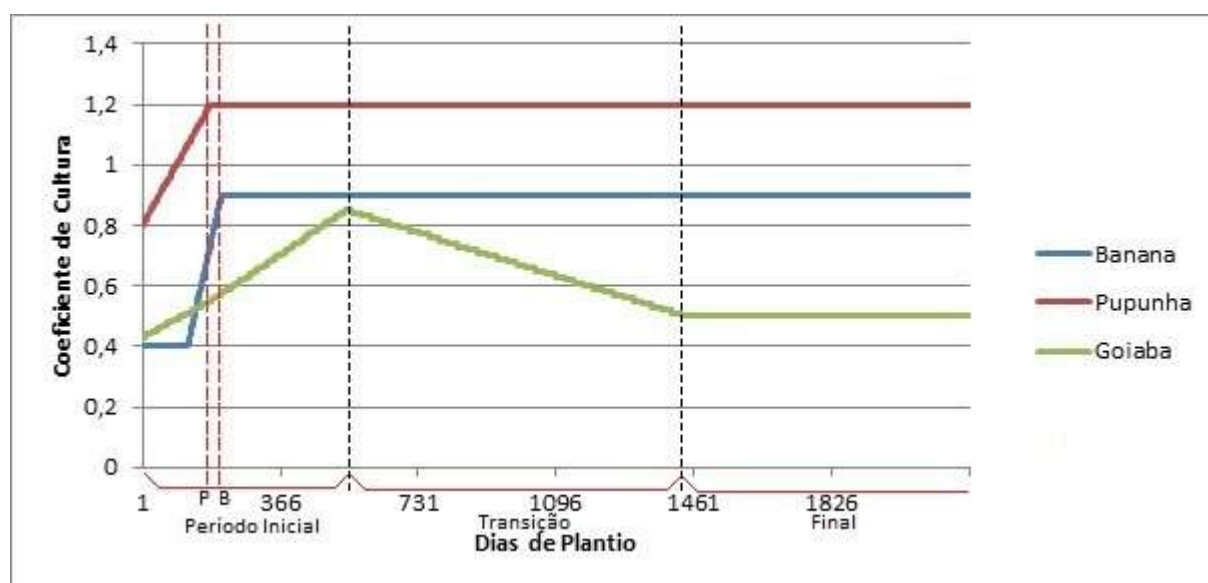


Gráfico 11 - A linha do tempo correlacionada com os coeficientes de cultura das espécies. Período inicial, onde há crescimento no Kc, período de transição, onde o coeficiente é reduzido, e período final, quando chega a um período de estabilidade. As linhas em vermelho indicam quando as espécies de banana e pupunha estabilizam a demanda

Ao analisar o comportamento da goiaba, que é uma espécie que atingiu o ápice de necessidade hídrica durante o desenvolvimento e depois a reduziu, tornando-se estável, percebe-se que ocorreu um pico de demanda durante a fase de desenvolvimento (FASE 1), passando por um período de transição (FASE 2) e finalmente, tornando-se estável (FASE 3).

Outra vantagem apresentada pela goiaba é o fato de a partir da fase 3 ser possível, de certa forma, simplificar o planejamento anual, uma vez que a espécie encontra-se estabilizada. Panorama diferente do encontrado para os Cenários 1 e 3, uma vez que as espécies (banana e pupunha) embora sejam consideradas espécies perenes dentro desse sistema, irão necessitar de um novo plano de manejo a cada ano devido aos períodos de rebrota diferentes,

Esses planos de manejo deverão surgir com base na troca de experiência entre produtor e técnico, uma vez que estas áreas não estavam inclusas no plano de manejo da propriedade, como foi observado na pesquisa realizada por Attanasio (2004). A autora sugere ainda que essas áreas não estavam inclusas no somatório da demanda hídrica da propriedade e, com essa mudança da legislação, passam a ser parte constituinte dos planos de manejo e seus usos/ocupações devem estar contidos nos planos futuros.

O manejo deve ser baseado em técnicas menos agressivas ao meio ambiente, devendo-se se basear nos modelos da agroecologia, visando a autorregulação do ecossistema sem esquecer o equilíbrio socioeconômico. Esse plano deverá ser esquematizado de forma a servir de referência para os agricultores, levando em consideração as potencialidades do local juntamente com o interesse particular, mas tendo em mente que não é esse o principal ponto nessas áreas, como foi apontado em pesquisas realizadas por Moura (2009) na Amazônia.

5.1.2 Demais áreas agricultáveis na propriedade rural – Avaliação dos Cenários 5 (banana com pupunha) e 6 (banana com goiaba)

Até então, foram analisadas as mudanças da legislação pertinente às Áreas de Preservação Permanente e as consequências disso para a propriedade. Neste tópico serão analisadas as possíveis mudanças que poderiam ser causadas caso o produtor resolvesse tornar o restante da propriedade mais sustentável, modificando um pouco a maneira atual de plantar.

Os cenários criados foram adaptados de forma a manter a conformação sustentável da espécie florestal no espaçamento utilizado em sistemas agroflorestais, porém sem mexer no espaçamento da cultura agrícola, apenas adaptando-se a área para a inserção da nova cultivar.

Os sistemas apresentados não são uma fórmula rígida, mas uma conformação que atende a dois pré-requisitos para a definição do sistema: a primeira, é que haja a inserção da cultura florestal de tal forma que os conflitos na região possam ser minimizados; a segunda é que a área apresente alta lucratividade, semelhante ou superior àquela advinda do uso anterior da área (neste caso, do monocultivo da banana 3x3 metros).

No Gráfico 12 é possível observar a demanda hídrica comparativa entre os Cenários 1, 5 e 6, ao longo dos anos analisados. A média de demanda por água dos Cenários 1, 4 e 5 foram, respectivamente, 95,31 mm/mês, 55,67 mm/mês e 77,56 mm/mês.

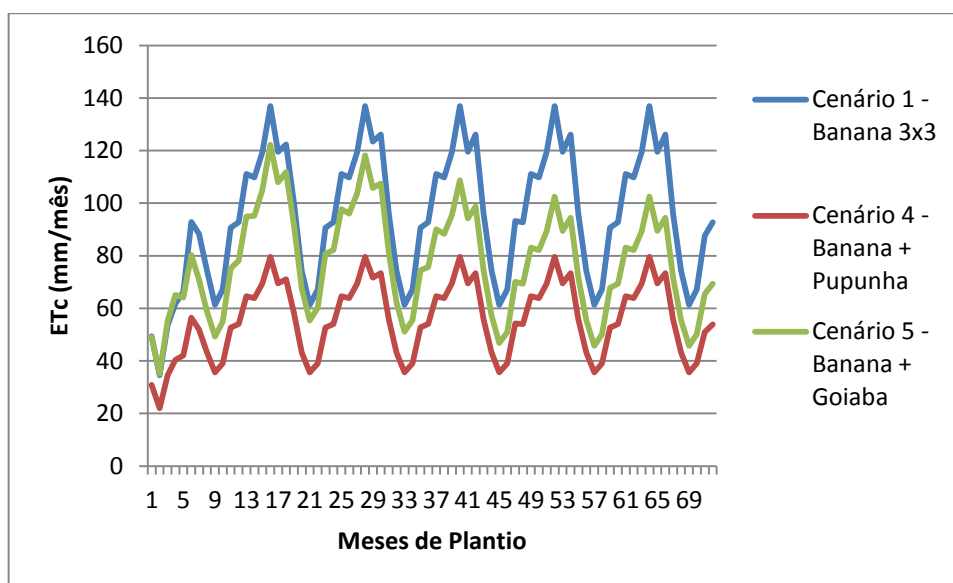


Gráfico 12 - Demanda hídrica comparativa entre os Cenário 1 (monocultura da banana 3x3), 5 (sistema agroflorestal entre banana e pupunha) e 6 (sistema agroflorestal entre banana e goiaba)

No Gráfico 13 é possível observar que a demanda hídrica do Cenário 1 é superior à necessidade por água dos demais sistemas durante quase todo o tempo, seguido pelo Cenário 5. A demanda da goiaba dentro do cenário também é bem superior a demanda da pupunha.

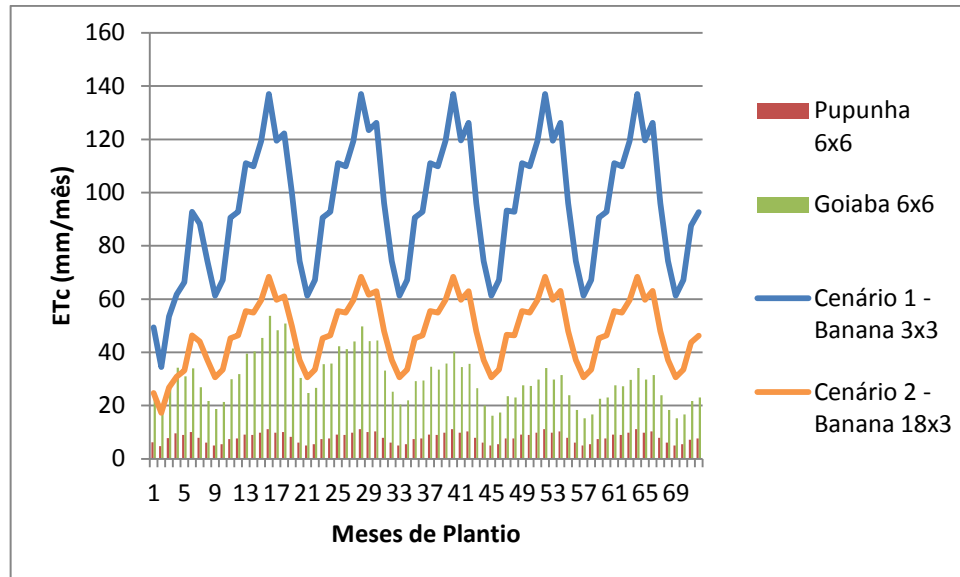


Gráfico 13- Demanda hídrica comparativa entre os Cenários 1, 5 e 6, apresentando-se a demanda da banana dentro dos sistemas agroflorestais separadamente

Embora com um espaçamento maior do que aquele utilizado para o Cenário 1, o Cenário 6 atinge seu pico de necessidade hídrica durante o desenvolvimento, época na qual a sua demanda por água ultrapassa aquela apresentada pelo Cenário 1. Esse comportamento do coeficiente de cultura da goiaba é um dos fatores que difere uma cultura da outra, pelo fato de a espécie florestal reduzir a demanda após o período de desenvolvimento (Gráfico 14).

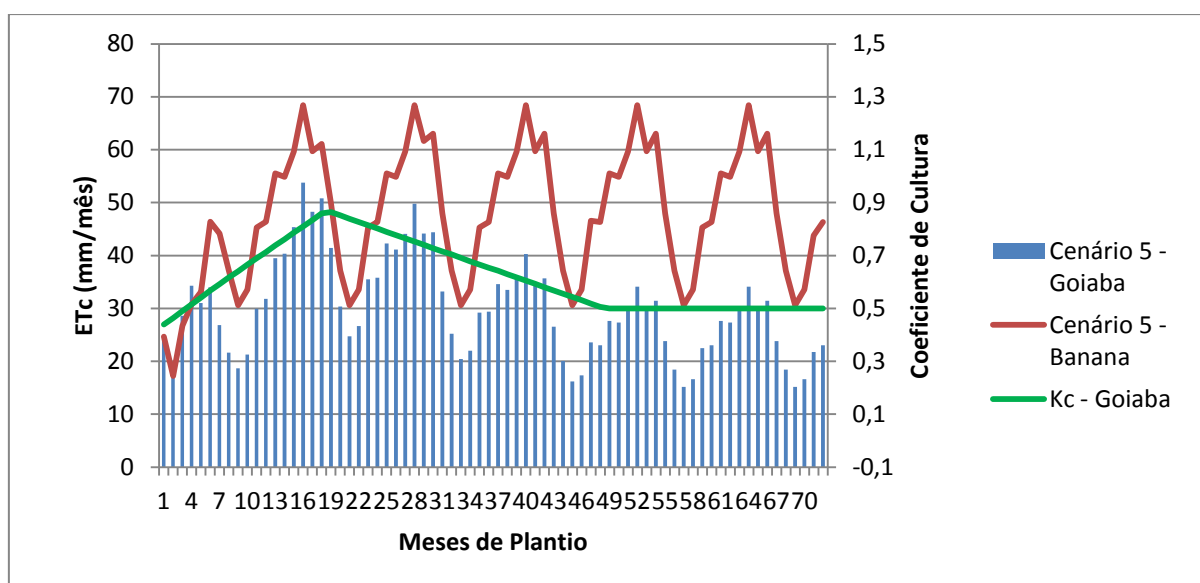


Gráfico 14 - Comparativo de demanda hídrica entre Cenários 1 e 4, correlacionando com o Coeficiente de Cultura da Goiaba

Caso fossem adotados, o Cenário 5 ou 6, ambos representariam uma diminuição da demanda hídrica quando comparados com o cenário atual, embora o Cenário 5 seja melhor em termos de redução de demanda. Eles têm como base o manejo integrado da propriedade rural, já que embora ainda apresentem alta densidade de plantas por área, estão em um processo de transição para bases mais sustentáveis.

Em um primeiro momento, a presente comparação tem como objetivo contrastar a demanda hídrica do cenário atual com cenários plausíveis de serem utilizados do ponto de vista econômico, mas também do ponto de vista da sustentabilidade. A análise da linha do tempo (Figura 19) é a base para que se entenda que o manejo sustentável na região do Córrego Sossego, que só se dará de maneira sustentável se integrar manejo das lavouras e de recursos hídricos.

O ideal seria realizar o manejo da maneira proposta por Mello (2007), que seria a partir do ordenamento do uso e ocupação do espaço de acordo com a aptidão maior de cada área, através do zoneamento agroecológico das espécies, tendo em vista as exigências de cada plantio e a disponibilidade de recursos da área.

O manejo sustentável deve visar a manutenção do ecossistema em longo prazo, sem se esquecer de manter renda suficiente para que se torne um negócio atraente para aquelas famílias que tiram seu sustento daquela área. Sendo assim, os Cenários 5 e 6 aqui utilizados para exemplificar essa mudança não são cenários rígidos, mas configurações que atendem a duas exigências:

$$x \times A + y \times B < C \quad (5)$$

$$x \times D + y \times E \geq F \quad (6)$$

Onde:

X – número de plantas da espécie agrícola;

Y – número de plantas da espécie florestal;

A – demanda hídrica/dia da espécie agrícola (média);

B – demanda hídrica/dia da espécie florestal (média);

C – demanda média esperada para a cultura que estiver implantada na área anteriormente à implantação do sistema agroflorestal (mm/hectare/dia);

D – renda esperada com a espécie agrícola;

E – renda esperada com a espécie florestal;

F – renda média esperada para a cultura que estiver implantada na área anteriormente à implantação do sistema agroflorestal (R\$/hectare/ano).

5.1.3 Análise Econômica

A análise econômica deste trabalho foi interpretada de duas maneiras diferentes: a primeira estabelece a análise apenas da Área de Preservação Permanente, e a segunda a análise da área da propriedade como um todo, ambas as análises sendo confrontadas com o ponto de vista do produtor e a forma de uso atual da área.

Tendo em vista o que foi dito, a análise é apresentada comparando-se o ponto de vista do produtor e, em contrapartida o que é exigido em lei, levando em consideração que não deveria ser feita uma comparação direta entre o lucro obtido atualmente nas APPs e o lucro a ser obtido com o SAF, partindo-se do pressuposto de que o esquema de plantio adotado atualmente não é mais permitido.

Sendo assim, na Tabela 1 é apresentada a análise econômica de todos os cenários avaliados.

Tabela 1 - Análise Econômica dos Cenários Analisados: Cenário 1 monocultivo da banana 3x3 metros; Cenário 2 monocultivo da nana 18x3 metros; Cenário 3 sistema agroflorestal banana com pupunha; Cenário 4 sistema agroflorestal banana com goiaba; Cenário 5 sistema agroflorestal banana com pupunha; Cenário 6 sistema agroflorestal banana com goiaba.

	Produção (toneladas/hectare)		Rentabilidade (mil reais/tonelada)		Mil reais/hectare
	Banana	Florestal	Banana	Florestal	Total
Cenário 1 (3x3)	11,34	-	0,62	-	7,08
Cenário 2 (18x3)	3,40	-	0,62	-	2,12
Cenário 3	1,89	1,00	0,62	1,40	2,57
Cenário 4	1,89	0,47	0,62	0,93	1,62
Cenário 5	5,66	1,49	0,62	1,40	5,62
Cenário 6	5,66	0,71	0,62	0,93	4,20

5.1.3.1 Análise econômica da Área de Preservação Permanente

Ao analisar apenas pelo lado econômico, o Cenário 1 é o mais rentável. O produtor ainda tem a visão de que não pode “perder” essa área, utilizando as APP’s muitas vezes de maneira inadequada do ponto de vista ambiental. Como parte de sua renda provém dessa área, a visão é que a renda ficaria prejudicada caso tivesse que abrir mão daquela área.

No entanto, se analisado do ponto de vista ambiental e através da legislação existente, que não permite o plantio de monoculturas de espécies exóticas em APP, esse sistema torna-se impróprio, estando sujeito a sanções administrativas, civis e penais (BRASIL, 2012).

Analisando-se os Cenários possíveis de serem realizados em APP’s, segundo a legislação vigente, o Cenário 3 é o mais rentável, onde a banana é intercalada com a cultura da pupunha. A nova legislação, como já foi dito, autoriza a utilização da área para o plantio de sistemas agroflorestais sob sistema de manejo sustentável. Esses sistemas, embora demorem um tempo maior do que os monocultivos para gerar lucros, apresentam saldo positivo do ponto de vista ambiental quando comparado às monoculturas (RODIGUERÍ, 1997).

Outro ponto a ser observado é o comportamento das espécies quando instaladas em SAF. A pupunheira, quando intercalada com culturas anuais pode ter uma redução em altura e diâmetro do caule, devido ao sistema radicular superficial e a possível competição por nutrientes, uma tendência observada por um estudo realizado por Yuyama & Silva (2003), o que acarretaria uma redução dos lucros. A goiaba, por outro lado, apresenta sistema radicular

profundo, não apresentando competição com a cultura da banana após o período de desenvolvimento.

Na análise do Cenário 3 também é possível observar que, apesar de a produção em toneladas de banana (1,89 ton) ser maior que de pupunha (1 ton), a renda gerada pela pupunha é superior (R\$1.390,00) à da banana (R\$1.1800,00). No caso do Cenário 4, a rentabilidade é inferior àquela observada no Cenário 3, no entanto, esse valores podem ser aumentados de acordo com o número de podas de frutificação que o produtor realizar ao longo do ano, o que poderá garantir produção durante o ano inteiro, como sugerido por Sampaio (2011).

Além dos ganhos econômicos, pode-se apontar para um benefício quanto ao calendário de atividades a serem desenvolvidas, já que o cronograma para preparo do solo e plantio é bem mais elástico (RODIGUERÍ, 1997). A colheita também apresenta melhoras, pois os produtos de origem florestal tendem a poder ficar mais tempo em campo, esperando uma melhora de preços, como no caso do palmito pupunha.

O uso múltiplo dos produtos florestais também deve ser levado em consideração, pois embora não estejam nos cálculos realizados por esta pesquisa, podem fazer grande diferença na renda final da área. Nos plantios comerciais apenas um produto é comercializado, enquanto que em sistemas agroflorestais, outros produtos passam a ser fonte de renda, como poder ser visto na Quadro 9.

Quadro 9 – Renda principal e Usos Múltiplos das Espécies

Principal		Uso Múltiplo
Banana	Venda dos Cachos com padrão comercial	Alimentação de animais com os restos de banana que ficam na área após a colheita Doces e compotas feitos da fruta Utilização da palha para coberturas Artesanato feito com a palha
Pupunha	Venda do Palmito	Utilização dos frutos para culinárias Confecção de móveis (compensado de pupunha) Óleo de pupunha, que pode ser utilizado para confecção de cosméticos ou de forma medicinal
Goiaba	Venda da fruta com padrão comercial	Confecção de remédios Utilização das folhas para retirada de óleo Fabricação de doces, compotas e molhos

A forma de exploração através do uso múltiplo serve para viabilizar o manejo sustentado da agricultura familiar que, através da diversificação da produção, poderá agregar valor aos produtos gerados através do associativismo, como sugerido por Nazzari (2007).

O uso múltiplo permite aproveitar melhor o potencial da floresta, mas não apenas isso. A diversificação da produção visa também um equilíbrio financeiro, pois caso um produto se encontre com baixo valor no mercado, existem outros produtos que podem manter a viabilidade do sistema.

A participação e o manejo devem estar correlacionados, pois é a partir deles que será possível agregar valor aos produtos gerados pelos SAFs, visto que, com a diminuição do número de plantas por hectare, irá ocorrer a diminuição da produção direta, mas o aumento da renda advinda de produtos secundários.

5.1.3.2 Análise econômica das demais áreas cultiváveis da propriedade

Ao analisar do ponto de vista do manejo sustentável da propriedade agrícola, percebe-se que o plantio adensado não é a melhor alternativa de uso do solo, mas sistemas que permitam aliar alta rentabilidade por área com conservação ambiental.

Partindo-se desse pressuposto, o Cenário 5 é economicamente rentável e ambientalmente mais sustentável do que o Cenário 1, pois mantém o espaçamento de SAFs respectivo à APPs para a espécie florestal (neste caso a pupunha) sem modificar o espaçamento comercial utilizado anteriormente pela banana.

Embora a primeira vista a renda do Cenário 5 seja inferior a renda do Cenário 1, essa comparação não deve ser realizada diretamente, pois leva em consideração apenas os produtos principais colhidos na área, que são cachos de banana e palmito pupunha. No entanto, na proposta voltada para a agroecologia e analogamente ao que foi discutido no tópico anterior, a área terá novos produtos advindos do uso múltiplo das espécies.

Embora nem todos os sistemas agroflorestais apresentem a mesma renda e difiram entre si, se o mesmo percentual encontrado por Moreno (1998) citado na Revisão de Literatura fosse aplicado aos cenários aqui estudados, levando-se em consideração apenas agricultura e uso

múltiplo de produtos não madeireiros, a lucratividade esperada seria outra. Para o Cenário 5 a renda subiria para R\$ 9.037,87 e a do Cenário 6 subiria para R\$ 6.750,24. A renda do Cenário 6 seria então, superior a do Cenário 5, enquanto que o Cenário 5, também próximo, poderia substituí-lo já que demanda menor quantidade de água.

Essa estimativa não leva em consideração as variações dos preços dos produtos no mercado, pois tanto os produtos de uso múltiplo como os de cunho agrícola podem sofrer mudanças nos preços de venda. No entanto, vale ressaltar que os produtos de uso múltiplo, em geral, podem esperar mais tempo em campo até um período de comercialização mais favorável.

Os pontos centrais para se definir quais seriam as possíveis substituições a serem feitas na área estão pautados em dois critérios: o primeiro seria que a renda gerada pelo novo sistema seja igual ou superior à renda da banana, e o segundo, mas não menos importante, que o sistema apresente preferencialmente uma menor demanda hídrica do que a monocultura da banana.

5.2 Diretrizes

Aqui são apresentadas algumas diretrizes que poderão ser úteis na implantação de consórcios agroflorestais irrigados, em regiões de déficit hídrico:

- As identificadas fases temporais de variação da necessidade hídrica do consórcio (Gráfico 11) devem ser levadas em consideração no estabelecimento dos planos de manejo da irrigação. Conformações essas resultado da combinação dos distintos ciclos de desenvolvimento das espécies que compõem os consórcios, que resultam em diferentes padrões de demanda.
- Nas regiões (de escassez), deve-se estar atento para que a demanda hídrica do consórcio agroflorestal não supere aquela que se teria apenas pela espécie agrícola cultivada anteriormente à implantação do consórcio. Nesse sentido, a Equação 6 poderá ser empregada.

- Na escolha das espécies a compor os consórcios agroflorestais (áreas com restrições ambientais) e/ou definição dos espaçamentos a se empregar nos plantios das espécies (áreas sem restrições ambientais), um aspecto de relevância a se considerar diz respeito aos rendimentos resultantes quando comparados aos provenientes anteriormente à sua implantação. Que, preferencialmente, os rendimentos com os consórcios superem os tidos apenas com a cultura agrícola anteriormente à sua implantação, minimizando os conflitos entre produtores e gestores em áreas com restrições ambientais, bem como potencializando a adesão à implantação de consórcios em área sem restrições ambientais. A Equação 7 poderá ser útil nesse sentido. Ressalta-se que ações para garantir mercado para as espécies florestais de maior valor agregado que as culturas agrícolas se farão necessárias.
- Outro aspecto de relevância a se atentar é quanto à definição de espécies a compor os consórcios agroflorestais, e está relacionado à profundidade da zona radicular de cada espécie, no sentido de possibilitar o devido acesso à água por cada uma delas, potencializando a produtividade, minimizando-se a competição entre elas.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As principais conclusões resultantes do desenvolvimento do estudo, dispostas por objetivo específico, são apresentadas a seguir, bem como recomendações para o desenvolvimento de estudos futuros.

6.1 Conclusões

As principais conclusões resultantes do desenvolvimento do estudo, dispostas por objetivo, são apresentadas a seguir, bem como recomendações para o desenvolvimento de estudos futuros. Ressalta-se que tais conclusões e recomendações baseiam-se em avaliações que tomaram a banana como monocultura utilizada antes da implantação dos consórcios, e que consideraram dois consórcios agroflorestais, sendo eles banana e pupunha e banana e goiaba.

O trabalho mostra que os sistemas agroflorestais irrigados são uma alternativa a se adotar visando minimizar os conflitos por demandas de água em regiões de escassez, sem o comprometimento de rendimentos financeiros.

De forma indireta também aponta para os demais ganhos associados, especialmente ambientais, independentemente se a propriedade em análise se encontra integral ou parcialmente em áreas com restrições ambientais, como as de preservação permanente. Nestes casos, contribuindo de certa forma para o enquadramento de propriedades rurais de base agrícola a exigências do Novo Código Florestal.

No mais, são apresentadas as demais conclusões, dispostas por objetivo específico, assim como recomendações para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

- **Objetivo Específico 1:** Avaliar, com o auxílio de simulações computacionais, o impacto da implantação de consórcios agroflorestais irrigados na disponibilidade de água em regiões de déficit hídrico);

- Pôde-se verificar que a transformação da monocultura da banana em sistemas agroflorestais, sejam eles em área restrita ambientalmente ou não, possibilitou a redução da demanda total de água por hectare.
 - A pesquisa mostrou haver, para os consórcios entre banana e goiaba, variação temporal da demanda de água até o ponto em que a goiaba atinge a fase de floração (Fase 3), estabilizando-se a partir daí.
 - O comportamento da referida variação de demanda hídrica dependerá da composição de cada consórcio em termos de espécies agroflorestais. No caso do consórcio banana & pupunha, o comportamento foi crescente até o ponto de estabilização (210 dias desde o plantio). Já no caso do consórcio banana & goiaba o comportamento foi outro: inicialmente ascendente, atingindo um máximo, passando por um período de decaimento da demanda até se estabilizar (3 anos e 345 dias desde o plantio). A partir do ponto de estabilização da demanda, desconsiderando as variações climáticas, o estabelecimento de plano de manejo de irrigação seria facilitado.
- **Objetivo Específico 2:** Realizar a análise econômica dos cenários a serem simulados.
- A análise das áreas de preservação permanente mostrou-se viável economicamente, trazendo vantagens em termos de diversificação da produção, maior prazo para colheita (no caso da pupunha) e diminuição de custos associados à mão-de-obra;
 - A análise das demais áreas da propriedade mostrou-se interessante caso seja realizado o uso múltiplo dos produtos florestais;
 - Em ambos os casos (dentro ou não de APP) o valor agregado das espécies sobe ao ser utilizado o uso múltiplo das espécies, garantindo que haja renda diversificada.

6.2 Recomendações

O desenvolvimento do trabalho abriu possibilidades para a realização de trabalhos futuros. Nesse sentido, recomenda-se a realização de estudos:

- Que possibilitem modelar as demandas de água dos sistemas agroflorestais como um todo, incluindo aí as interações solo-ar-água-espécies relevantes, e manejos de irrigação.
- Que avaliem a influência da variação de demanda de água ao longo das fases de desenvolvimento dos sistemas agroflorestais na vazão a ser outorgada a uma dada propriedade ou, coletivamente, às propriedades de uma microbacia.
- Voltados para o desenvolvimento de metodologias em suporte ao estabelecimento de sistemas agroflorestais, especialmente no que se refere à definição das espécies a compor os consórcios e espaçamentos entre culturas, considerando a disponibilidade hídrica local, as metas de rendimento financeiro para o consórcio, os condicionantes ambientais, entre outros elementos.
- Que considerem outros tipos de consórcios diferentes dos considerados na presente pesquisa.

7 REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Águas. **GEO Brasil: recursos hídricos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.
- ALANEN, E.; BOSSELMANN, A.; KAHALA, L.; OHTONEN, H.; RUOTSALAINEN, A.; SENG VUE, A.; SOINSAARI, T.; YLI-HINKKALA, M. **Community forestry and agroforestry in Thailand - case study of Ban Thung Soong Village**. VITRI - Viikki Tropical Resource Institute, Department of Forest Sciences 2006.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. SMITH, M. Crop evapotranspiration. Rome: FAO, 1998. 297 p. (FAO **Irrigation and Drainage Paper**, 56).
- ALVARENGA, Livia Alves. **Análise hidrometeorológica e química em uma microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul - SP, submetida a ações de preservação ambiental**. 2012. 114 f. Mestrado (Dissertação) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos – SP. 2012.
- AMARAL, Amanda de Barros. **Avaliação de mananciais subterrâneos e superficiais da bacia do Córrego Sossego considerando uso para abastecimento doméstico e irrigação - contaminação por agrotóxicos**. 2011. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória – ES. 2011.
- ANDRADE, C.L.T., BORGES JÚNIOR, J.C.F., LIMA, R.B.M., OLIVEIRA, F.G., FERREIRA, P.A., EGÍDIO, M.A.R., CUNHA, L.M.V., DYSKTRA, M.P. **Avaliação de estratégias de produção em agricultura irrigada em perímetro de irrigação em Gorotuba**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 105 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Documentos 73)
- ARNOLD, J.G.; SRINIVAN, R.; MUTTIAH, R.S.; WILLIAMS, J.R. Large area hydrologic modeling and assesement. Part I: Model Development. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 34, n. 1, Feb. 1998.
- ATTANASIO, Cláudia Mira. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. 206 f. 2004. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma**

abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade. Tese (Doutorado) - Pós-Graduação em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba - SP, 2004.

AYRES, Eduardo Charles Barbosa. **Inovações agroecológicas para a agricultura familiar: um estudo de caso sobre sistemas agroflorestais no Alto Jequitinhonha – MG.** 123 f. 2008. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Administração - Gestão Social, Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG. 2008.

BASSOI, L.H., TEIXEIRA, A.H.C., GOMES E SILVA, J.S., SILVA, E.E.G., RAMOS, C.M.C., TARGINO, E.L., MAIA, J.L.T., FERREIRA, M.N.L. **Consumo de água e coeficiente de cultura em bananeira irrigada por microaspersão.** Petrolina: Embrapa Semi-Árido. 2001. 4p. (Embrapa Semi Árido. Comunicado Técnico, 108).

BASSOI, L.H.; FLORI, J.E.; SILVA, E.E.G.; MOURA E SILVA, J. A. **Manejo de Irrigação da Pupunheira para produção de palmito no Vale do São Francisco.** Petrolina: Embrapa Semi Árido. 2002. 4 p. (Embrapa Semi Árido. Comunicado Técnico, 113).

BONFIM, V.R. Diagnóstico de Experiências de Sistemas Agroflorestais e recomendações de estratégias e políticas públicas para sua implementação e difusão no Estado do Espírito Santo. Projeto Corredores Ecológicos: **Relatório Final.** 166p. Rio de Janeiro. Jul. 2009.

BORGES, A.L. & SOUZA, L.S. **O cultivo da bananeira.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2004. 279 p.

BORGES, A.L.; SILVA, A.L. da.; BATISTA, D.C.; MOREIRA, F.R.B.; FLORI, J.E.; OLIVEIRA, J.E.M.; ARAÚJO, J.L.P.; PINTO, J.M.; CUNHA E CASTRO, J.M.; MOURA, M.S.B.; AZOUBEL, P.M.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA E SILVA, S.O.; CORDEIRO, Z.J.M.; **Sistema de produção de bananeira irrigada.** Embrapa Semiárido. 2009. (Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção, 4).

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [Da] República Federativa do Brasil,** Brasília, 28 mai. 2012. p. 1. Disponível em: <

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 12 fev.2013. (a)

BRASIL. Lei nº 12.727, de 27 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial [Da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 18 out. 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm>. Acesso em: 12 fev.2013. (b)

BRASIL. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [Da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 28 set. 1965. Seção 1, p. 9529. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em: 12 fev. 2013.

BRASIL, Lei n º 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.HTM>. Acesso em: 14/03/2014.

CALDEIRA, P.Y.C. & CHAVES, R.B. **Sistemas Agroflorestais em espaços protegidos**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, 1ª ed, 2ª reimpressão. São Paulo: SMA. 36 p. 2011.

CANDIOTTO, L.Z.P. & MEIRA, R.A. Manejo agrícola em estabelecimentos rurais familiares com produção de alimentos orgânicos no município de Francisco Beltrão -PR. **XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária** "Territórios em Disputa: Os desafios da Geografia Agrária nas contradições do desenvolvimento brasileiro". Uberlândia - MG, Out. 2012.

CANNELL, M.G.R., VAN NOORDWIJK, M., ONG, C.K. The central agroforestry hypothesis: the trees must acquire resources that the crop would not otherwise acquire. **Agroforestry Systems**, 34, p 27-31. Netherlands. 1996.

CARDOSO, A.L.; SILVA, A. G. Emprego de sistemas agroflorestais no controle de processos erosivos. In: **XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação**, 2011, São José dos Campos. XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. São José dos Campos: UNIVAP, 2011. v. 1. p. 1-5.

CARLYLE-MOSES, D.E. Throughfall, stemflow, and canopy interception loss fluxes in a semi-arid Sierra Madre Oriental matorral community. **Journal of Arid Environments**, v 58, p. 181-202, 2004.

CASTRO, M.C.; FARIA, M.A. de; DA SILVA, A.M. Sistema computacional para determinação da lâmina ótima econômica em irrigação pressurizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, Campina Grande, 2002 a.

CLEMENT, C.R. The potential use of the pejibaye palm in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 7, p. 201-212. 1989.

COELHO, E. F. **Curso de Bananicultura Irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 219 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Documentos 176).

CONTIN, Fabrício Serrão. **Tecnologia do irrigâmetro aplicada no manejo da irrigação do feijoeiro**. 64 f. 2008. Dissertação - Programa de Pós-GRaduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG. 2008.

CORDEIRO, Z.J.M. **Cultivo da banana para o estado de Rondônia**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003 (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistema de Produção 1).

CORVALÁN, S.B. & GARCIA, G.J. Mapeamento e uso inadequado de Áreas de Preservação Permanente Estudo de Caso: APA Corumbataí (SP) - Brasil. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Curitiba, PR, INPE, p. 6924, 2011.

COSTA, M.H.; BOTTA, A.; CARDILLE, J.A. Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 283, p.206-217, 2003.

CRUZ, Jussara Cabral. **Disponibilidade Hídrica para outorga: Avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. 2001. 199 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2001.

DAWSON, T.E. Hydraulic lift and water use by plants: implications for water balance, performance and plant-plant interactions. **Oecologia**, 95, p. 565-574. Ithaca, 1993.

DEHEUVELS, O.; AVELINO, J.; SOMARRIBA, E.; MALEZIEUX, E. Vegetation structure and productivity in cocoa-based agroforestry systems in Talamanca, Costa Rica. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 149, p. 181-188, mar. 2012.

DUPRAZ, C.; LIAGRE, F.; MANCHON, O.; LAWSON, G. Implication of legal and policy regulation on rural development: the challenge of silvoarable agroforestry in Europe. **IUFRO Division 1 Conference: Meeting the Challenge: Silvicultural Research in changing world**. Montpellier, France. Jun 2004.

FACCO, Alexandro Gomes. **Modelagem do balanço hídrico em microbacia hidrográfica com plantio de eucalipto**. 127 f. 2008. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG. 2008.

FERREIRA, Marcelo de Novaes Lima. **Distribuição radicular e consumo de água de goiabeira (*Psidium guajava* L.) irrigada por microaspersão em Petrolina - PE**. 124 f. 2004. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP. 2004.

FERREIRA, S.J.F.; LUIZÃO, F.J.; DALLAROSA, R.L.G. Precipitação interna e interceptação da chuva em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 1, p. 55-62. 2005.

FRANCO, Fernando Silveira. **Sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais da zona da mata de Minas Gerais**. 2000. 160 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal. Viçosa – MG. 2000.

FRANKE, I.L.; LUNZ, A.M.P.; AMARAL, E.F. do. **Metodologia para planejamento, implantação e monitoramento de sistemas agroflorestais**: um processo participativo. Rio Branco: Embrapa Acre. 2000. 35 p. (Embrapa Acre. Documentos 49).

FREITAS FILHO, P.J. **Introdução à modelagem e simulação de Sistemas - com Aplicações em Arena**. 2 ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. v. 2000. 380 p.

FREITAS, W.S.; RAMOS, M.M.; COSTA, S.L. Demanda de irrigação da cultura da banana na bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 343-349. 2008.

GARCIA, A.V.; OLIVEIRA, E.C.A.; SILVA, G.P.; COSTA, P.P.; OLIVEIRA, L.A. Disponibilidade hídrica e volume de água outorgado na micro-bacia do Ribeirão Abóbora, município de Rio Verde, Estado de Goiás. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 8, n. 22, p. 97-106. 2007.

GRUPO DE ESTUDOS E AÇÕES EM RECURSOS HÍDRICOS - GEARH. Desenvolvimento de instrumento para a gestão de recursos hídricos do Norte do Espírito Santo – GEARH-NES. GEARH, Departamento de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, UFES. **Relatório Geral**, v I – MCT/FINEP/CT-HIDRO, 2003 a.

GRUPO DE ESTUDOS E AÇÕES EM RECURSOS HÍDRICOS - GEARH. Desenvolvimento de instrumento para a gestão de recursos hídricos do Norte do Espírito Santo – GEARH-NES. GEARH, Departamento de Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, UFES. **Relatório Geral**, v II – MCT/FINEP/CT-HIDRO, 2003 b.

GUERRA, M. P. **Tópicos sobre a cultura da bananeira**. Disciplina de Horticultura Aplicada - Segmento de Fruticultura - Bananicultura UFSC/CCA - Departamento de Fitotecnia. Disponível em <http://www.emc.ufsc.br/control/arquivos/estagio/geral/arquivo_260-Joao_Paulo_F_M_de_Souza.pdf>. Acesso em 13/11/2013 às 15:16h.

FERNANDÉZ, M.E., GYENGÉ, J., LICATA, J., SCHLICHTER, T., BOND, B.J. Belowground interactions for water between trees and grasses in a temperate semiarid agroforestry system. **Agroforest Systems**, 74, p. 185-197. 2008.

HERNANDEZ, F.B.T.; ALVES JÚNIOR, J.; LOPES, A.S. Irrigação na cultura da pupunha. In: **Curso sobre cultivo, processamento e comercialização de palmito pupunha**. Londrina, IAPAR. p. 107-126. 2001.

KING, K.F.S. The history of agroforestry. p. 3 - 12. In: STEPPLER, H.A. & NAIR, P.K.R. **Agroforestry: a decade of development**. Kenya: International Council for Research in Agroforestry. 345 p. 1987.

LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS & DESENVOLVIMENTO REGIONAL - LABGEST. (Departamento de Engenharia Ambiental/Centro Tecnológico/Universidade Federal do Espírito Santo - DEA/CT/UFES). Aprimoramento de processos de adequação ambiental de propriedades agrícolas de base familiar com aplicação de metodologias de compartimentação da paisagem e do manejo da agrobiodiversidade em sistemas agroflorestais. Edital MDA/SAF/CNPq - nº 58/2010. **Projeto Agroecologia**, 2013.

LEHMANN, J., PETER, I., STEGLICH, C., GEBAUER, G., HUWE, B., ZECH, W. Below-ground interactions in dryland agroforestry. **Forest Ecology and Management**, 111, p 157-169. 1998.

LIMA, Gemaél Barbosa. **Avaliação de métodos de manejo da irrigação em pequenas propriedades rurais de base familiar**. 138 f. 2013. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória – ES. 2013.

LOPES, Marcos Eugênio Pires de Azevedo. **Avaliação do uso da água em sistemas de irrigação localizada nas culturas do café e do mamão**. 148 f. 2006. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória – ES. 2006.

LOPES, Marcos Eugênio Pires de Azevedo. **Avaliação de racionalidades do uso da água na agricultura: desenvolvimento de modelos conceituais e de procedimento metodológico em apoio à co-auto-gestão de microbacias**. 406. f. 2011. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória – ES. 2011.

LUNDGREN, B.O. & RAIN TREE, J.B. Sustained Agroforestry. In: NESTEL, Agricultural Research for Development: Potentials and Challenges in Asia, **The Hague**, ISNAR, 1983. 1983.

MACEDO, Maria de Nazaré Costa de. **Avaliação do programa de sistemas agroflorestais em comunidade seringueira do município de Epitaciolândia - AC**. 112 f. 2001. Tese

(Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Extensão Rural, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. 2001.

MACÊDO, L.S.; SANTOS, E.S.; SANTOS, E.C. Produção da bananeira fertirrigada no semi-árido em função de nitrogênio e volume de água. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 1, n. 2, p. 9-18. 2007.

MACHADO, V.D.; SANTOS, M.V.; SANTOS, L.D.T.; MOTA, V.A.; SANTOS JUNIOR, A. Sistemas Agroflorestais. Montes Claros: ICA/UFMG, 2009. 18 p. **Fascículo do Caderno de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 22, 2009.

MANTOVANI, E.C. **Aspectos Básicos da Irrigação de Sistemas Pressurizados**. Curso de Capacitação em Irrigação. Montes Claros, 2008.

MERRIAM, J.L. & KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Utah State, 276 p. 1978.

MONTAGNINI, F.; CUSACK, D.; PETIT, B.; KANNINEN, M. Environmental services of native tree plantations and agroforestry systems in Central America. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 21, n. 1. 2006.

MONTENEGRO, A.A.T., GOMES, A.R.M., MIRANDA, F.R., CRISÓSTOMO, L.A. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da bananeira para a região litorânea do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 02, p. 203-208, Abr.-Jun., 2008.

MORA-URPÍ, J.; WEBERAND, J.C.; CLEMENT, C.R. **Peach Palm *Bactris gasipaes* Kunth**. International Plant Genetic Resources Institute, 1997.

MORAES, M.J.; OLIVEIRA FILHO, D.; VIEIRA, G.H.S.; SCARCELLI, R.O.C. Gerenciamento do lado da demanda no bombeamento de água para perímetro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n.9, p. 875-882. 2011.

MORENO, Nésia Maria da Costa. **Maximização da renda familiar da floresta estadual do antimari - Acre, sob manejo de uso múltiplo**. 122 f. 1998. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná. Curitiba – PR. 1998.

MORSBACH, N., RODRIGUES, A.S., CHAIMSOHN, F.P., TREITNY, M.R. **Pupunha para palmito: Cultivo no Paraná**. Circular n 103. Instituto Agrônômico do Paraná, Londrina - PR. Dez. 1998.

MOSSANEK, Ernani Augusto Ochekoski. **Indução de perfilhamento em mudas de pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth var. *gasipaes* Henderson)**. 53 f. 2013. Mestrado (Dissertação) - Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal. Universidade Federal do Paraná. Curitiba - PR, 2013.

MOUNZER, O.; PÉREZ, F.S.; PEDRERO, F.S.; ALCOBENDAS, R.P.; BAYONA, J.M.G.; NICOLÁS, E.N.; ALARCÓN, J.J.C. Combined effect of regulated deficit irrigation and low quality water on salts accumulation under drip irrigation. In: **Jornadas de Investigación en la Zona no Saturada del Suelo, Barcelona**, 2009.

MOURA, R.C.O. **Sistema alternativo de produção sustentável para agricultura familiar na Amazônia Legal**. Projeto de Cooperação Técnica “Apoio às políticas e à participação social no desenvolvimento rural sustentável” – PCT IICA/MDA – NEAD. 2009. Disponível em:

<http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/DocumentosTecnicosAbertos/Attachments/413/Amazonia_Legal.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2013.

NAIR, P.K.R. State-of-the-art of agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 45, p. 5-29, 1991.

NAIR, P.K.R. **An introduction to agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 489 p. 1993.

NAZZARI, R.K. BERTOLNI, G.F, BRANDALISE, L.T. **Gestão das unidades artesanais na agricultura familiar: uma experiência no Oeste do Paraná**. Cascavel. EDUNIOESTE, 2007. 163 p.

NEVES, E.J.M., SANTOS, A., LAVORANTI, O.J., MARTINS, E.G., KALIL FILHO, A.N. **Manejo de Perfilhos da Pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) para a produção de palmito**. Colombo: Embrapa Florestas. 2006. 5 p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 156).

NICODEMO, M.L.F. **Dinâmica da água em Sistemas Agroflorestais**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste. 2011. 36 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 102).

OLIVEIRA, Sirlei de. **Informações relevantes sobre o programa do Governo do Estado do Espírito Santo Campo Sustentável**. 2012. Entrevista concedida a Sara Carolina Soares Guerra, Itarana, 12 nov. 2012.

ONG, C.K., CORLETT, J.E., SINGH, R.P., BLACK, C.R. Above and below ground interactions in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, 45. Amsterdam. 1991.

ONG, C. K.; SHALLOW, B. M. Water productivity in forestry and agroforestry. In: KIJNE, J.W.; BARKER, R.; MOLDEN, D. (Ed.). **Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement**. Wallingford: CAB International. p. 217-228. 2003.

PENEIREIRO, Fabiana Mongeli. **Sistemas Agroflorestais dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. 149 f. 1999. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Escola Superior "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP. 1999.

PESSOA, M.C.P.Y.; LUCHIARI, A.J.; FERNANDES, E.N.; LIMA, M.A. **Principais modelos matemáticos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais das atividades agrícolas**. Jaguariúna: EMBRAPA, CNPMA, 1997, 83 f.

PIRES, R.C.M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B.; FUJIWARA, M.CALHEIROS, R.O. **Métodos e manejo da irrigação**. Centro de Ecofisiologia e biofísica - Instituto Agrônômico, 1999.

PLANO ESTRATÉGICO DE DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA. **Novo PEDEAG 2007-2025** / Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca – Vitória: SEAG, 284 p. 2008.

PRAJAMWONG, S.; MERKLEY, G. P.; ALLEN, R. G. Decision support model for irrigation water management. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.123, n.2, p.106-113, 1997.

PRIMAVESI, A.M. Agroecologia e manejo do solo. **Revista Agriculturas**. Vol. 5, n. 3, Set. 2008. p. 7-10.

RAMOS, A.; BOVI, M.L.A.; FOLEGATTI, M.V. Desenvolvimento vegetativo da pupunheira irrigada por gotejamento em função de níveis de depleção de água no solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 28-33, mar. 2002.

RAMOS, S.F.; CHABARIBERY, D.; MONTEIRO, A.V.V.M.; SILVA, J.R. Sistemas Agroflorestais: estratégia para a preservação ambiental e geração de renda aos agricultores familiares. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 39, n. 6, Jun. 2009.

REIS, E.F. **Informações relevantes sobre as necessidades hídricas de espécies anuais**. 2014. Entrevista concedida a Sara Carolina Soares Guerra, Alegre, 12 mar. 2014.

RESENDE, J.M.; SAGGIN JÚNIOR, O.J. **Processamento do palmito de pupunheira em agroindústria artesanal - uma atividade rentável e ecológica**. Embrapa Agrobiologia. 2004. (Embrapa Agrobiologia. Sistemas de Produção, 1).

REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.; HELBEL JÚNIOR, C. **Irrigação da Pupunheira na Região Noroeste do Paraná**. Embrapa. 2005. 4 p. (Embrapa. Comunicado Técnico, 135).

RIGHI, Ciro Abbud. **Avaliação Ecofisiológica do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em sistema agroflorestal e em monocultivo**. 113 f. 2005. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba – SP. 2005.

RODIGHERI, H.R. **Rentabilidade Econômica comparativa entre plantios florestais e sistemas agroflorestais com erva-mate, eucalipto e pinus e as culturas do feijão, milho, soja e trigo**. 1997. 35 p. Colombo: Embrapa Florestas. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 26).

SALES, E; TEIXEIRA, A.F.; ARAÚJO, J.B.; CAPORAL, F.; SILVA, V.M. Desenvolvimento de Sistemas Agroflorestais com cafezais no Estado do Espírito Santo: Uma aproximação a uma proposta de transição agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**. V. 4, n. 2. Nov. 2009.

SAMPAIO, A.C. (Coord.) **Goiaba: do plantio à comercialização**, junho, 2011, Campinas, CATI, p.67-85. 125p. (Boletim Técnico 78). ISSN 2236-028X.

SANTOS, Ronaldo Antonio dos. **Estudo das variações dos componentes do balanço hídrico e área com solo exposto na bacia hidrográfica do rio Verde, Goiás**. 2010, 157 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba - SP. 2010.

SCHROTH, G. A review of belowground interactions in agroforestry focussing on mechanisms and management options. **Agroforestry Systems**, 43, p. 5-34. Netherlands, 1999.

SILVA, Valchirio José Martins da. **Uso de sistemas agroflorestais como viabilizadores corredores ecológicos**. 78 f, 2008. Monografia - Programa de Pós-Graduação *Lato sensu* em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras. Lavras - MG, 2008.

SILVA, C.L. & KOPTTKE, B.H. Simulações e cenários a partir da cadeia de valor: uma aplicação na indústria de celulose. **Revista da FAE**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 43-59, 2002.

SIRIWARDENA, L.; FINLAYSON, B.L.; MCMAHON T.A. The impact of land use change on catchment hydrology in large catchments: The Comet River, Central Queensland, Australia. **Journal of Hydrology**, v. 326, p. 199–214, 2006.

SOARES, Hérlon de Moura. **Zoneamento climático do estado do Espírito Santo para a cultura da Pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.)**. 26 f. 2007. Monografia - Curso de Engenharia Florestal, UFRRJ. 2007.

SWAMINATHAN, M.S. The promise of agroforestry for ecological and nutritional security. In: STEPPLER, H.A. & NAIR, P.K.R. **Agroforestry a decade of development**. ICRAF, 1987.

TEIXEIRA, E.C.; FRAGA, M.R.; RESENDE, M.; DARÉ, J.C.; LOPES, M.E.P.A. Projeto Sossego: integrando experiências de gestão de recursos hídricos e desenvolvimento sustentável local. In: **Simpósio “Experiências em Gestão Dos Recursos Hídricos por Bacia Hidrográfica”**, 2007, São Pedro - SP. Anais Simpósio Experiências em Gestão de Recursos Hídricos por Bacia Hidrográfica, 2007.

TOGNI, P.H.B.; CAVALCANTE, K.R.; LANGER, L.F.; GRAVINA, C.S.; MEDEIROS, M.A.; PIRES, C.S.S.; FONTES, E.M.G.; SUJII, E.R. Conservação de inimigos naturais (Insecta) em tomateiro orgânico. **Arq. Inst. Biol**, São Paulo, v. 77, n.4, p. 669-676, 2010.

TOMASELLA, J. & ROSSATO, L. **Balanço Hídrico: Tópicos em meio ambiente e ciências atmosféricas**. INPE, São José dos Campos, 2005.

TRACY, J. C.; MARINO, M. A. Management model for control of on-farm irrigation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v.115, n.6, p.954-972, 1989.

TSUKAMATO FILHO, A.A.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; MORAIS, A.R. Aspectos fisiológicos e silviculturais do palmitheiro (*Euterpe edulis* Martius) plantado em diferentes tipos de consórcio no município de Lavras, Minas Gerais. **Cerne**, v. 7, n. 001, p. 54-68, Lavras. 2001.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4, 2002. VALERI, S.V.; POLITANO, W; SENO, K.C.A.; BARRETO, A.L.N.M. (EDITORES) Manejo e recuperação Florestal. Jaboticabal, Funep. 2003, 180 p.

VEGA, F.V.A.; BOVI, M.L.A.; GODOY JÚNIOR, G.; BERTON, R.S. Lodo de esgoto e sistema radicular da pupunheira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, vol. 29, n. 2, 2005.

VIVAN, J.L. Bananicultura em Sistemas Agroflorestais no Litoral Norte do RS. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 2. 2002.

XU, C.Y. & SINGH, P. A Review on montly water balance models for water resources investigations. **Water Resources Management**, Netherlands, v. 12, p. 31-50, 1998.

YUYAMA, K. & SILVA, F.M.S. Desenvolvimento inicial da pupunheira em monocultivo e intercalado com culturas anuais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, p. 15-19, Mar. 2003.

ZIEGLER, A.D. et. al. Hydrological consequences of landscape fragmentation in mountainous northern Vietnam: Buffering of Hortonian overland flow. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 337, p. 52-67, 2007.

ZOMER, T.J.; BOSSIO, D.A.; TRABUCCO, A.; YUANJIE, L.; GUPTA, D.C.; SINGH, V.P. **Trees and water: Smallholder agroforestry on irrigated lands in Northern India**. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute. 47 p. 2007. (IWMI Research Report 122).