



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
BIOMONITORAMENTO
Mestrado Profissional
Ecologia aplicada à gestão ambiental



Adelina de Oliveira e Silva

ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA DE PLANTIOS DE EUCALIPTO VINCULADOS À REPOSIÇÃO
FLORESTAL NO ESTADO DA BAHIA

ORIENTADOR
Prof. Dr. Renato Vinícius Oliveira Castro

Salvador
2013

Adelina de Oliveira e Silva

**ESTIMATIVA VOLUMÉTRICA DE PLANTIOS DE EUCALIPTO VINCULADOS À REPOSIÇÃO
FLORESTAL NO ESTADO DA BAHIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Biomonitoramento da Universidade Federal da Bahia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia aplicada à Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Renato Vinícius Oliveira Castro

**SALVADOR
2013**

S586e Silva, Adelina de Oliveira e.
Estimativa volumétrica de plantios de eucalipto vinculados
à reposição florestal no estado da Bahia / Adelina de Oliveira e
Silva. – Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2013.
33 p. : il. color.

Orientador: Renato Vinícius Oliveira Castro.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia,
Salvador, 2013.
Bibliografia: p. 30-33.

1. Reflorestamento. 2. Conservação da natureza. 3. Meio
ambiente. I. Universidade Federal da Bahia. II. Castro, Renato
Vinícius Oliveira. III. Título.

CDD 634.956

Estimativa volumétrica de plantios de eucalipto vinculados à Reposição Florestal no Estado da Bahia

Adelina de Oliveira e Silva

Banca examinadora:

Orientador: _____

Dr. Renato Vinícius Oliveira Castro (Universidade de Brasília – UNB)

Titulares:

Dra. Glauciana da Mata Ataíde (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas – IFET)

Msc. Márdel Miranda Mendes Lopes (Instituto Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA)

Salvador, 2013

AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar minhas escolhas e meu caminho para a melhor direção.

Aos meus pais, Márcia e Vicente, a quem devo todas as minhas conquistas, por todo amor apoio, dedicação, torcida e orações, no decorrer desta e de todas as minhas jornadas.

Aos meus irmãos, pela cumplicidade e companheirismo sempre.

Aos professores da UFBA pela oportunidade e por todo conhecimento compartilhado.

Aos colegas do mestrado pela troca de experiências e amizade.

Aos colegas do INEMA em especial a Cássia pela ajuda na coleta de dados.

À coordenadora de Agrossilvopastoris do INEMA, Cláudia Campra, pelo apoio e compreensão.

À Mariama por estar sempre a postos para me socorrer nos momentos difíceis e pela companhia essencial nos momentos agradáveis.

À Glauciana e Renato, pela disponibilidade e disposição em participar deste trabalho. A ajuda de vocês foi essencial.

Ao colega e amigo Márdel, por idealizar este trabalho e ajudar durante todo seu desenvolvimento.

RESUMO

A reposição Florestal é uma obrigação legal que deve garantir que todo consumo de vegetação nativa oriundo de supressão de vegetação seja compensado através de plantios florestais, gerando um estoque de matéria-prima. O Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia - INEMA é a autarquia responsável por controlar este mecanismo através do reconhecimento, emissão e transferência de créditos de volume florestal, os quais compensam o débito gerado pelo consumo de vegetação nativa desmatada. Este trabalho teve como objetivo analisar as plantações florestais com *Eucalyptus* spp. na Bahia, relacionando a produtividade destes povoamentos às características climáticas e silviculturais e orientar os técnicos do INEMA na análise das estimativas volumétricas, diminuindo os erros e facilitando o trabalho destes. A correlação entre a precipitação média anual e o Incremento Médio Anual – IMA em volume foi significativa no teste *t* a 95% de probabilidade. Os modelos foram ajustados com todos os dados (geral), bem como estratificados por região, espaçamento inicial de plantio, material genético e classe de precipitação anual. A equação geral obtida deve ser utilizada para as regiões que não possuem equações específicas. As Regiões Agreste de Alagoinhas, Litoral Norte, Camaçari e Extremo Sul apresentam os maiores índices de produtividade. A Região Oeste Baiano e Bacia do Rio Corrente apresentou o menor índice de produtividade, alta mortalidade, com baixo potencial para reposição florestal. A Região de Vitória da Conquista tem bom potencial para reposição, mas não deve ter seus créditos reconhecidos na totalidade antes de se poder comprovar o crescimento da floresta. Os pequenos espaçamentos tiveram baixo índice de produtividade em todas as regiões, devendo ser evitados. As combinações de estratos que puderam ser feitas com os dados disponíveis foram: Região Extremo Sul e Classe de precipitação média anual entre 1201 e 1500 mm, Região Vitória da Conquista e Classe de precipitação média anual < 900 mm, Região Bacia do Rio Corrente e Oeste Baiano e Classe de precipitação média anual entre 900 e 1200 mm e Região Extremo Sul e Espaçamento inicial de plantio 2. Essas equações apresentam maior precisão e devem ser usadas sempre que possível. Novas equações deverão ser geradas à medida que o banco de dados for sendo atualizado.

Palavras Chave: reposição florestal, produtividade de eucalipto, modelos de crescimento e produção.

1 – INTRODUÇÃO

Entende-se como reposição florestal a compensação do volume de matéria-prima extraído de vegetação natural pelo volume equivalente de matéria-prima resultante de plantio florestal, com a finalidade de geração de estoque ou recuperação da cobertura florestal (Decreto Estadual 14.024/12), foi instituída pelo Art. 19 da Lei 4.771/65, conhecida por Código Florestal, recentemente revogada e substituída pela Lei 12.651/2012, que manteve esta exigência no Art. 33, conforme transcrito abaixo:

Art. 33. As pessoas físicas ou jurídicas que utilizam matéria-prima florestal em suas atividades devem suprir-se de recursos oriundos de:

I - Florestas plantadas;

II –Plano de Manejo Florestal Sustentável – PMFS de floresta nativa aprovado pelo órgão competente do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA;

III - Supressão de vegetação nativa autorizada pelo órgão competente do SISNAMA;

IV - Outras formas de biomassa florestal definidas pelo órgão competente do SISNAMA.

§ 1º São obrigadas à reposição florestal as pessoas físicas ou jurídicas que utilizam matéria-prima florestal oriunda de supressão de vegetação nativa ou que detenham autorização para supressão de vegetação nativa.

No âmbito do Estado da Bahia, onde a política ambiental é disciplinada pela Lei 10.431/06, a obrigatoriedade da reposição florestal é indicada no Art. 127 da referida legislação:

Art. 127 - As pessoas físicas e jurídicas que comercializem, utilizem ou sejam consumidoras de produtos e/ou subprodutos florestais, incluindo seus resíduos, provenientes de vegetação nativa primária ou secundária, em qualquer estágio de regeneração, são obrigadas a formar ou manter florestas para efeito de reposição florestal no Estado da Bahia, em compensação de débito por consumo dessa matéria-prima. (Alterado pela lei 12.377/2011).

Ainda de acordo com a Lei 10.431/06, também são obrigadas ao cumprimento da reposição florestal: o proprietário ou possuidor de área com exploração ou supressão de vegetação sem autorização emitida pelo órgão competente; o responsável por explorar ou suprimir vegetação em terras públicas sem autorização; e o detentor de autorização para supressão de vegetação que não der o uso alternativo requerido para o solo, no prazo de validade da licença ambiental ou no prazo de 3 (três) anos para as atividades dispensadas de licenciamento ambiental.

É isento da obrigatoriedade da reposição florestal aquele que utilize: resíduos da atividade industrial ou de beneficiamento; matéria-prima florestal e resíduos provenientes de áreas submetidas à execução de Planos de Manejo Florestal Sustentável; matéria-prima e resíduos originários de floresta plantada; matéria-prima florestal oriunda de supressão de vegetação autorizada para benfeitoria ou uso doméstico dentro de imóveis rurais, de áreas de agricultura familiar, de comunidades tradicionais, atividades associativas correlatas e de assentamentos de reforma agrária e em programas de interesse social e utilidade pública, nos quais a madeira seja objeto de doação; matéria-prima proveniente de fornecedor que já tenha cumprido a reposição florestal (Lei 10.431/06) e matéria-prima florestal não madeireira (Lei 12.651/12).

Outra imposição aos utilizadores de recursos florestais madeireiros diz respeito ao Plano de Suprimento Sustentável – PSS, estando obrigados a este os grandes consumidores de matéria-prima, sendo que o enquadramento quanto ao porte dos empreendimentos ainda depende de regulamentação. O PSS é um documento que deve ser apresentado no licenciamento da atividade e deverá incluir a origem do suprimento da matéria-prima, que poderá ser feito em terras próprias ou pertencentes a terceiros. Poderá ser utilizada madeira disponível no mercado apenas na fase inicial de sua implantação, que não pode ser superior a 10 anos, neste caso, o consumo de madeira de supressão implicará na obrigação à reposição:

Art. 130 - O Plano de Suprimento Sustentável - PSS tem por objeto garantir a sustentabilidade econômica e ambiental dos empreendimentos. (Alterado pela lei 12.377/2011).

Art. 131 - Os grandes consumidores ou utilizadores de matéria-prima florestal ficam obrigados a formar e manter florestas de produção, em terras próprias ou de terceiros, e o seu suprimento de recursos florestais deverá ser comprovado através do Plano de Suprimento Sustentável - PSS, a ser apresentado no licenciamento ambiental da atividade, conforme critérios estabelecidos em regulamento (Alterado pela lei 12.377/2011).

A relação entre a reposição florestal e o PSS é muito próxima, pois a ideia de ambos os conceitos é de um desenvolvimento sustentável da indústria e da floresta. Os pequenos e médios consumidores não são obrigados a ter um serviço florestal para seu abastecimento (PSS), mas são obrigados a promover o plantio de volume equivalente ao seu consumo anual (SABBAG, 2011), através da reposição florestal. No caso da reposição, o consumidor que fomentou o plantio através dos créditos, não necessariamente será o mesmo que comprará a madeira, ao contrário do que

acontece nos plantios de terceiros vinculados ao PSS através de Fomento Florestal. Não poderá haver sobreposição entre plantios vinculados ao PSS e à reposição florestal.

Na exploração da floresta através de manejo florestal sustentável devem ser respeitados os mecanismos de sustentação do ecossistema objeto do manejo e considerando-se, cumulativa ou alternativamente, a utilização de múltiplas espécies madeireiras, de múltiplos produtos e subprodutos não-madeireiros, bem como a utilização de outros bens e serviços florestais (Lei 12.651/2012). Na exploração madeireira, a intensidade de corte e o ciclo de exploração precisam garantir a regeneração natural da floresta e, conseqüentemente, do volume explorado, não necessitando que o mesmo seja repostado através de plantio.

O uso alternativo do solo é a substituição de vegetação nativa e formações sucessoras por outras coberturas do solo, como atividades agropecuárias, industriais, de geração e transmissão de energia, de mineração e de transporte, assentamentos urbanos ou outras formas de ocupação humana (Lei 12.651/2012). Para tanto é necessária a supressão da vegetação nativa, que deverá ser autorizada pelo órgão ambiental competente após comprovação de sua viabilidade ambiental, técnica e econômica (Lei 10.431/2006). O consumo do material lenhoso suprimido gera um débito de matéria prima florestal, que deve ser repostado através de plantios florestais.

Na Bahia, para a geração do crédito de volume florestal, o responsável pelo plantio solicita ao Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA) o reconhecimento dos mesmos, o que se dará após comprovação do efetivo plantio de espécies florestais e análise dos aspectos técnicos do povoamento, sendo o crédito concedido com base na estimativa da produção da floresta para a rotação em curso:

Art. 119 - As florestas de produção efetivamente implantadas, e em situação regular perante o órgão executor da política estadual de meio ambiente, poderão ter sua estimativa volumétrica de produção reconhecida na forma de Crédito de Volume Florestal, nos termos desta Lei e demais disposições regulamentares (Alterado pela lei 12.377/2011).

§ 3º - O reconhecimento da estimativa volumétrica de produção e a emissão do correspondente Crédito de Volume Florestal, de que trata o caput deste artigo, deverão ser efetuados pelo órgão executor da Política Estadual de Meio Ambiente e somente serão emitidos nos casos de plantios não vinculados à reposição florestal (Alterado pela lei 12.377/2011).

§ 4º - Os Créditos de Volume Florestal poderão ser vinculados à reposição florestal, próprio ou de terceiros, caracterizando condição essencial para comprovação do cumprimento dessa obrigação (Alterado pela lei 12.377/2011).

§ 5º - O Crédito de Volume Florestal poderá ser utilizado por seu detentor original ou transferido, uma única vez, integral ou parcialmente, para outras pessoas físicas ou jurídicas sujeitas à reposição florestal (Alterado pela lei 12.377/2011).

Antes da Lei 12.377/11, a competência do INEMA era apenas de reconhecer a estimativa volumétrica de produção. Para a emissão de créditos, um novo processo era formado na Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Estado da Bahia (SEMA). Atualmente, o INEMA detém competência tanto para o reconhecimento quanto para a emissão dos créditos. Acontece que nesta transição muitas das informações referentes aos créditos já emitidos e transferidos se perderam ou não foram disponibilizadas para o INEMA, dificultando a análise de pedidos de corte de florestas vinculadas e até mesmo de reconhecimento de crédito remanescente nos casos em que não houve emissão de 100% do volume. Para acesso às informações sobre reconhecimento, emissão, transferência e cancelamento de crédito, o técnico pode fazer consultas ao sistema Documento de Origem Florestal – DOF (somente disponível após 2006) e ao Diário Oficial do Estado – DOE, além dos processos, porém, em muitos casos, as informações necessárias não são encontradas.

Outra alteração importante do artigo acima transcrito foi que, antes, para reconhecimento dos créditos não era necessário que a floresta estivesse efetivamente implantada, podendo o crédito ser concedido com base na estimativa volumétrica apresentada pelo requerente em projeto técnico, o que permitiu grande número de casos de proprietários que receberam e transferiram os créditos, mas nunca implantaram o cultivo ou o fizeram incompletamente, sendo essa mudança uma garantia a mais para a efetivação da reposição.

Apesar de a legislação indicar que nos projetos de reposição florestal deve ser dada preferência a espécies nativas do mesmo bioma em que ocorreu a supressão da vegetação, percebe-se na prática a utilização, na maioria dos casos, de espécies exóticas de rápido crescimento do gênero *Eucalyptus*. A explicação para esse fato é que, como os créditos são concedidos com base no volume gerado, a espécie de maior produtividade média apresenta-se mais lucrativa para os produtores. Além disso, tem-se amplo conhecimento das técnicas silviculturais para plantio de *Eucalyptus* e pouca tecnologia desenvolvida para o plantio de espécies nativas. Como não há registro de plantio de espécie nativa vinculada à reposição no Estado da Bahia, uma forma de reverter este quadro seria incluir na legislação benefícios aos produtores que optem por plantar espécies nativas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar plantações florestais com *Eucalyptus* spp. no Estado da Bahia, relacionando a produtividade destes povoamentos às características climáticas e silviculturais presentes no Estado, de forma a produzir um documento que oriente os técnicos do INEMA na análise dos pedidos de Créditos de Volume Florestal para fins de Reposição Florestal, facilitando o trabalho destes e diminuindo os erros de estimativa dos créditos.

2.2. Objetivos específicos

- Gerar informações que possam orientar os técnicos do INEMA na análise dos processos de Reposição Florestal, sobre os fatores de maior influência na produtividade de *Eucalyptus* spp. no Estado da Bahia;
- Uniformizar o banco de dados sobre produtividade de *Eucalyptus* spp. do INEMA;
- Identificar as regiões de maior aptidão ao cultivo de *Eucalyptus* spp., bem como aquelas para as quais o cultivo não deve ser incentivado;
- Gerar modelos gerais de crescimento e produção para *Eucalyptus* spp. em nível de povoamento total e modelos estratificados por região, material genético, espaçamento e classes de precipitação, diminuindo o erro alcançado nas estimativas médias de produção no Estado da Bahia.

3 – JUSTIFICATIVA

É recorrente no INEMA, quando da solicitação para aprovação do corte das florestas plantadas vinculadas à reposição, a constatação da incapacidade dos plantios em alcançarem os volumes reconhecidos. Melhorar a eficiência na previsão das estimativas volumétricas, além de garantir a efetiva geração de estoque a que se propõe a reposição florestal, facilitará o trabalho dos técnicos e evitará problemas para os produtores.

Não se tem informações precisas sobre quanto essas previsões falharam, mas atualmente, um erro aceitável é de $\pm 20\%$, considerando a possibilidade de liberação de apenas 80% dos créditos de volume florestal até que o povoamento tenha atingido a idade de corte, permitindo, dessa forma, que possa ser conferida, através de Inventário Florestal e inspeção técnica, a produtividade final dos plantios, com consequente emissão dos créditos de volume remanescentes, se houver.

Além disso, ocorre reclamação de alguns produtores quanto à subestimação do incremento médio anual de alguns plantios por parte dos técnicos, como se percebe em trecho de nota de

repúdio publicada pela Associação dos Silvicultores do Sudoeste da Bahia – ASSOSIL direcionada ao Governo do Estado da Bahia:

“A Secretaria do Meio Ambiente estipulou a volumetria média da região de forma empírica. De acordo com o clima de cada região existe um cálculo padrão, onde se determina uma volumetria de produção do eucalipto. Porém este cálculo é errôneo, pois cada região apresenta um microclima diferente e as produções podem variar, possuindo potenciais maiores ou menores a depender de cada local” (ASSOSIL, 2012).

Essa heterogeneidade na produtividade final das florestas faz com que a reposição florestal deixe de ser eficiente, com menor geração de estoque de madeira em compensação ao volume utilizado. Ademais, há aumento do trabalho burocrático dos técnicos na conclusão dos processos, sendo de grande interesse dos gestores do INEMA aumentar a precisão das estimativas volumétricas relacionadas à reposição. Ressalta-se que esta pesquisa foi demandada pela Coordenação de Agrossilvispastoris – COASP do INEMA, responsável pela gestão de toda área florestal do Estado, como necessária para embasar a análise dos técnicos desta.

Atualmente, o corpo técnico do INEMA que trabalha com reposição florestal utiliza como referencia os intervalos de produção apresentados na Tabela 1 (não publicada):

Tabela 1: Faixas de amplitude de produtividade por região.

Territórios de Identidade	Amplitude de produtividade (m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
Baixo Sul, Litoral Sul e Extremo Sul	30 a 50
Agreste de Alagoinhas, Litoral Norte e Região Metropolitana de Salvador	30 a 45
Oeste Baiano e Bacia do Rio Corrente	20 a 35
Demais Territórios	15 a 30

Neste contexto, é de extrema importância para os órgãos que fiscalizam e regulamentam áreas de reposição florestal, a aplicação de modelos de crescimento e produção florestal para geração de estimativas médias de produção, dada a diferentes condições de crescimento.

3 – REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Reposição florestal no Estado da Bahia

A Reposição Florestal é a devolução ao meio ambiente do mesmo quantitativo em volume que foi extraído dele, exigida apenas na supressão da vegetação nativa para uso alternativo do solo e

encontra-se disciplinada em âmbito federal pela Lei 12.651/12 e estadual pela Lei 10.431/06, estando ainda pendente de regulamentação.

O consumo de material lenhoso oriundo de desmatamento para o uso alternativo do solo, extração de matéria-prima de vegetação nativa gera por si só, débito. Para cobrir com este débito é necessário gerar créditos, e isto se faz efetuando plantios florestais. Ao plantar novas florestas no lugar daquelas consumidas, se consolida uma ação de renovação e equilíbrio (SABBAG, 2011).

É importante observar que a Reposição Florestal, atualmente, não tem objetivo conservacionista, apenas de geração de estoque regulador de matéria-prima florestal. Dessa forma, espera-se garantir a continuidade do abastecimento dos diversos segmentos de consumidores de madeira, gerando um estoque de matéria-prima através da recomposição do volume consumido. Grandes áreas de desmatamento, em regiões com baixo rendimento de material lenhoso, podem ser compensadas por plantios florestais de elevada produtividade em áreas bem menores, desde que o volume alcançado seja equivalente ao que foi consumido.

Seu uso para fins conservacionistas pode ser observado no Art. 15 da Instrução Normativa nº 06 do Ministério do Meio Ambiente, que regulamentava o Art. 19 da Lei 4.771/06 antes desta ser revogada (MMA, 2006). A legislação supracitada permitia que o plantio de florestas com espécies nativas em áreas de preservação permanente e de reserva legal degradadas fosse utilizado para a geração de crédito de reposição florestal. Além disso, a Lei 10.431/06 permitia a doação de áreas a serem destinadas à criação, ampliação e regularização fundiária de Unidades de Conservação como forma de cumprir a reposição florestal. Segundo Sabbag (2011), foram criadas duas Unidades de Conservação na Bahia, a Floresta Nacional (FLONA) de Contendas do Sincorá, que teve sua vegetação totalmente explorada e encontra-se em processo de regeneração e a FLONA de Cristópolis, que por problemas fundiários foi criada em decreto, mas nunca foi implantada.

A reposição pode, ainda, ser considerada um mecanismo de incentivo à formação de florestas de produção e de redução da pressão sobre a vegetação nativa, visto que o consumo de matéria-prima oriunda de floresta plantada ou de PMFS não obriga o consumidor ao cumprimento da reposição, o que torna esta matéria-prima florestal menos onerosa que aquelas provenientes da supressão de vegetação nativa. Por outro lado, tem-se a geração de um mercado de compra e venda de créditos de volume florestal, o que acaba por estimular o plantio de florestas com objetivo de vínculo à reposição.

A Figura 1 representa a variação dos preços de crédito de volume florestal entre 2005 e 2010, comercializados por unidade de metro de carvão reconhecida. Como exemplo, considerando o valor de R\$ 10,00 por metro de carvão, uma área de reflorestamento com $150,00 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ geraria

para o produtor, uma renda extra de quase R\$ 715,00.ha⁻¹. Esse valor reflete apenas os ganhos com a reposição florestal, não incluindo os ganhos com a venda da madeira, sendo uma renda extra para o produtor.

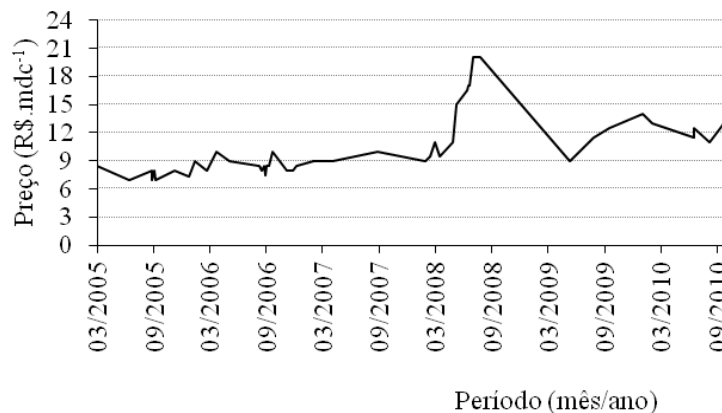


Figura 1 – Variação dos preços de crédito de volume florestal em metros de carvão (mdc) (INEMA, não publicado).

A valorização desses créditos gerou muita corrupção entre alguns responsáveis pelo funcionamento do sistema, o que culminou, em 2011, na Operação Corcel Negro II, que prendeu 20 pessoas, entre funcionários e ex-funcionários da SEMA, produtores, comerciantes e consultores, envolvidos na emissão irregular de créditos de reposição florestal da Bahia. O prejuízo foi estimado em R\$ 200 milhões, mas não envolveu dinheiro público. A Reposição Florestal chegou a ser suspensa por um determinado período para que o Estado tentasse aumentar o controle e a segurança na emissão e comercialização dos créditos. Estas investigações demonstram a responsabilidade que os técnicos devem ter ao analisar esses processos, para evitar suspeitas indevidas (TRIBUNA DA BAHIA, 2011).

Após o uso dos créditos, que pode ser feito por seu detentor original ou por terceiros (após transferência), diz-se que a floresta encontra-se vinculada à reposição, devendo, nestas áreas, serem realizados todos os tratamentos silviculturais adequados para que o plantio alcance o volume reconhecido. A constatação, a qualquer tempo, da incapacidade do plantio de produzir o volume florestal necessário para garantir o compromisso assumido quando da emissão do Crédito de Volume Florestal é considerada irregularidade, o que obrigará o responsável a recolher ao Fundo de Recursos para o Meio Ambiente (FERFA) o montante relativo ao volume irregular acrescido de 20 % (vinte por cento), sem prejuízo de outras penalidades legalmente previstas.

3.2. Contexto atual e importâncias das florestas plantadas

Do ponto de vista ambiental, as florestas plantadas têm destaque como um dos principais recursos atuais no combate às causas das mudanças do clima, devido à sua alta capacidade de fixar o carbono atmosférico. As florestas plantadas também estão sendo, cada vez mais, utilizadas para reabilitar ou proteger áreas degradadas afetadas pela erosão ou pelas atividades da pecuária extensiva e da mineração, além da agregação de vários benefícios econômicos. Os benefícios ambientais compreendem ainda a melhoria da fertilidade do solo, a reciclagem de nutrientes e a proteção de bacias hidrográficas e da biodiversidade (EMBRAPA FLORESTAS, 2010).

O eucalipto atende a todas essas funções altamente benéficas ao meio ambiente, pois sequestra significativa quantidade de carbono da atmosfera, é fonte potencial de produção de fibras e bioenergia e contribui para a recuperação de áreas degradadas e marginalizadas (EMBRAPA FLORESTAS, 2010). No Brasil e no mundo, espécies de eucalipto têm sido preferencialmente utilizadas devido ao seu rápido crescimento, capacidade de adaptação às diversas regiões ecológicas e pelo potencial econômico de utilização diversificada de sua madeira. O reflorestamento ainda favorece a conectividade e a conservação de fragmentos florestais nativos próximos aos talhões (FARINACI, 2013).

O Brasil possuía cerca de 7,2 milhões de hectares de florestas plantadas em 2012, principalmente com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, que representam 92,8% do total. Esta área corresponde a apenas 0,84% da área total do país e a 1,55% da área total das florestas. Na Bahia, em 2012, a área plantada com *Eucalyptus* era de 605.464 ha e com *Pinus* de 11.230 ha. A área total de *Pinus* no país reduziu-se em 79,1 mil ha, em geral, devido à substituição do seu cultivo pelo do *Eucalyptus*, a Bahia foi o Estado que apresentou maior redução absoluta (ABRAF, 2013).

Segundo dados do IBGE, em 2011 a quantidade de carvão vegetal produzida no Estado da Bahia foi de 276.440 toneladas. Deste total, 161.055 toneladas advêm de plantações florestais. Para a lenha produzida neste mesmo ano, 9.171.091 m³ foram de origem nativa e 967.154 m³ de plantadas. A quantidade de madeira em tora produzida foi de 1.068.079 m³ de madeira nativa e 17.662.280 m³ de plantadas, sendo 17.187.851 m³ para celulose.

Projeções de dados obtidos de cenários simulados pelo setor florestal brasileiro mostram que será necessário reflorestar mais 6,72 milhões de hectares nos próximos dez anos para atender a demanda prevista de madeira, alcançando assim uma área total de 13,50 milhões de hectares em 2020. Apesar de sua crescente participação nos diversos segmentos consumidores do setor, o que tem contribuído para a redução gradativa do consumo das florestas nativas, e considerando a expectativa de crescimento de futuras demandas das florestas plantadas, há ainda a necessidade de cumprir um programa anual de plantio da ordem de 630 mil hectares, ao invés dos atuais 290,7 mil hectares plantados anualmente, média dos últimos 4 anos (EMBRAPA FLORESTAS, 2010). O

setor de metalurgia deve plantar, no mínimo, uma área de 340% do que atualmente planta para ser autossuficiente (Serviço Florestal Brasileiro, 2013).

3.3. Fatores relacionados ao crescimento florestal

Dentre os muitos fatores que influenciam o crescimento do eucalipto, destacam-se: clima (temperatura, precipitação, luminosidade), solo (textura, nutrição, complexo água-solo), planta (espécies, clones); e os processos ecofisiológicos (mineralização do nitrogênio, alocação de carbono, fotossíntese, entre outros) (STAPE, 2010; BORGES, 2012). O crescimento também está controlado, mais ou menos intensivamente, pela carga genética que a árvore possui (CAMPOS, 1970).

De acordo com Borges (2009), os principais parâmetros do solo que podem limitar o desenvolvimento da planta são a textura, a fertilidade e a disponibilidade de água. As limitações referentes à fertilidade podem ser corrigidas com a utilização de adubos e/ou corretivo, já as intervenções na textura são mais complexas, uma vez que esta não pode ser modificada, necessitando da aplicação de práticas culturais que ajudem no armazenamento da água no solo. Para Salassier et al. (2006), mais importante que quantificar a quantidade de água no solo é mensurar a sua disponibilidade às plantas durante a sua movimentação no solo, observados a capacidade de campo e o ponto de murchamento, pois ter umidade no solo não garante a sua absorção pelas plantas. A redução da água disponível no solo para a planta influencia negativamente o seu crescimento e desenvolvimento (SINCLAIR e LUDLOW, 1986).

Diversos trabalhos têm comprovado que a água é um fator determinante na produção de madeira de eucalipto no Brasil (STAPE, 2002; STAPE et al. 2004; RYAN et al. 2010; SOUZA et al. 2006). A água é essencial no desenvolvimento da árvore, influenciando na disponibilização de nutrientes e, sua redução no solo, acarreta, segundo Sands e Mulligan (1990), ‘na diminuição do aporte nutricional das árvores, via fluxo de massa e difusão, diminuição da velocidade de mineralização da matéria orgânica, podendo até mesmo levar a planta ao colapso funcional, a nível citoplasmático e tissular, em virtude da deficiência hídrica’; na oscilação da taxa de fotossíntese através da regulação da resistência estomática (VOSE e SWANK, 1994). O regime da água governa a nutrição mineral das plantas, os minerais do solo são absorvidos pelas raízes, em forma de solução aquosa, chegando até as folhas, nelas essa solução participa do processo de fotossíntese e produção de matéria orgânica (CAMPOS, 1970).

Resultado de pesquisa realizada por Stape (2002) demonstrou que o aporte hídrico foi o principal elemento controlador da produtividade do eucalipto (clone híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) e do uso de recursos naturais, afirmando que em períodos de déficit hídrico

a produção de madeira é significativamente afetada. Mummery e Battaglia (2004), após experimento com a espécie *Eucalyptus globulus*, afirmam que no regime de sequeiro, a sobrevivência das árvores na estação seca é dependente da relação entre a quantidade de chuva, sua distribuição e o armazenamento da água no solo. Em locais que não ocorre um armazenamento suficiente para atenuar o déficit substancial entre os veranicos e a demanda evaporativa, as características fisiológicas das árvores são afetadas, podendo torná-las vulneráveis à morte por estresse hídrico.

Segundo Linder (1981), não há informações detalhadas sobre os efeitos da temperatura nas taxas de crescimento. No entanto, para fins de modelagem muitas vezes há três pontos que são bem conhecidos: (i) uma menor temperatura abaixo da qual cessa o crescimento, (ii) uma temperatura superior, acima da qual o crescimento cessa, (iii) uma amplitude de temperatura ótima. Tendo em conta estes três pontos e assumindo uma variação contínua da taxa de crescimento com a temperatura, pode-se construir as curvas de crescimento em resposta a temperatura.

Ao estudar a influência da temperatura e precipitação no comportamento de plantio de *Eucalyptus* em Guanhães, MG, Souza et al. (2006) concluíram que a produtividade de madeira é influenciada pelo total precipitado durante a estação chuvosa. Nos anos precedidos de estação chuvosa, classificada como seca ou muito seca ocorre queda na taxa de ganho de volume de madeira; por outro lado, nos anos precedidos de estações chuvosas, classificadas como chuvosa (C) ou muito chuvosa, ocorre maior taxa de crescimento. A resposta da taxa de crescimento depende da condição hídrica do solo no ano anterior, não havendo recomposição imediata do aparato fotossintético. Para os diferentes anos verifica-se correlação positiva entre o total precipitado durante a estação chuvosa, finalizada em cada ano e o ganho de volume.

3.4. Modelagem do crescimento em florestas

Em mensuração florestal a prognose da produção é obtida por meio de modelos estatísticos. Na modelagem busca-se descrever uma realidade com maior nível de precisão (CARVALHO et al., 2011). Os modelos de crescimento e produção florestal permitem simular a dinâmica natural de um povoamento e prever a sua produção ao longo do tempo, em diferentes possibilidades de exploração (VANCLAY, 1994). Para isso, existem diversos tipos de modelos empíricos consagrados na literatura que, de acordo com o nível de detalhamento, podem ser subdivididos em nível de povoamento total, distribuição diamétrica e árvores individuais (CAMPOS e LEITE, 2013; CASTRO et al., 2013).

No Brasil, os modelos mais utilizados são os modelos em nível de povoamento (CASTRO et al., 2013). Estes modelos utilizam a idade do povoamento bem como variáveis quantitativas específicas dos locais (índice de local, precipitação, etc) como variáveis independentes, a fim de estimar a produção futura para determinado local (CAMPOS e LEITE, 2013).

A modelagem do crescimento e da produção é um processo dinâmico e o banco de dados deve ser atualizado e consistido para este fim. A amostragem para essa modelagem deve ser representativa, abrangendo condições intermediárias e extremas de produtividade (OLIVEIRA et al., 2008).

Segundo Campos e Leite (2013), para uma fonte de dados mais eficiente o ideal é o uso de parcelas permanentes feitas através de Inventário Florestal Contínuo ou estabelecidas unicamente para obter dados de monitoramento de mudanças na população. Já as parcelas temporárias são menos eficientes por não detectarem exatamente as mudanças de crescimento, uma vez que não são medidas em cada ocasião, mas podem ser utilizadas quando não existem dados de parcelas permanentes.

4 – MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido por meio da análise da produtividade e características dos plantios florestais destinados à reposição florestal no Estado da Bahia, no período de outubro de 2012 a novembro de 2013.

Os dados referentes aos imóveis e características da produção foram coletados dos processos do INEMA, retirados dos projetos técnicos apresentados pelos empreendedores ou dos Pareceres dos técnicos do INEMA ou da SEMA nos atos de requerimentos de registro ou aprovação de corte de florestas plantadas. Alguns processos foram localizados pelo Arquivo Técnico e analisados fisicamente, em outros as informações foram retiradas diretamente dos sistemas CERBERUS (intranet) ou SEIA (Sistema Estadual de Informações Ambientais), sendo que neste último os processos são formados virtualmente, o que facilita o acesso às informações. No total, foram considerados 140 processos, abrangendo uma área cultivada de 25.766 ha de *Eucalyptus* em todo o Estado da Bahia.

Foram coletadas informações sobre a precipitação média anual e temperatura média para cada área florestal analisada, considerando a média do período entre 1943 e 1990, sendo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a fonte de dados utilizada. Estes dados são os mesmos que subsidiam a análise dos processos de outorga de direito de uso da água do INEMA. Para alguns

municípios estes valores não foram encontrados, tendo sido utilizadas as médias dos municípios vizinhos.

Para a estimativa da produção em volume foi utilizado o modelo logístico (1), por se tratar de um modelo sigmoidal muito aplicado em estudos de crescimento e produção florestal (MENDONÇA, 2010):

$$Volume(m^3 \cdot ha^{-1}) = \frac{\beta_0}{1 + \beta_1 \cdot e^{(-\beta_2 \cdot I)}} + \varepsilon \quad (1)$$

O modelo logístico, como outros modelos não lineares, permite a interpretação dos seus parâmetros. O parâmetro β_0 representa a assíntota horizontal superior, isto é, o valor máximo da resposta (Volume), quando a produção se estabiliza (Incremento Corrente é nulo). O parâmetro β_1 representa o ponto de inflexão da curva, ou seja, o ponto de máximo Incremento Médio. Este modelo se apresenta como um dos de maior facilidade de interpretação (MENDONÇA, 2010).

Para o ajuste do modelo logístico foi utilizado o *software Statistica 7.0*, utilizando o método de estimação Quasi-Newton, considerando 1.000 iterações. Para identificar possíveis tendências nas estimativas das variáveis, além da distribuição gráfica dos valores observados e estimados em função à idade, foram obtidas as estatísticas: (2) coeficiente de correlação (r) e (3) erro padrão da estimativa (S_{yx}) (SIIPILEHTO, 2000):

$$r = \frac{Cov(Y, \hat{Y})}{\sqrt{Var(Y) \cdot Var(\hat{Y})}} \quad (2)$$

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n - p - 1}} \cdot 100 \quad (3)$$

em que: Y e \hat{Y} são valores observados e estimados de volume ($m^3 \cdot ha^{-1}$), respectivamente; Cov é covariância; Var é a variância; $n-p-1$ refere-se aos graus de liberdade do resíduo, obtido na análise de variância da regressão, n é o número de amostras.

Após serem estimados os modelos, foram calculados os Incrementos Médios Anuais em volume (IMA – $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) para cada estrato. O IMA foi obtido pela divisão da produção média em volume, em determinada idade, por essa idade, em anos (CAMPOS e LEITE, 2013).

Visando aumento da precisão dos modelos, os dados foram estratificados em quatro classes, com seus respectivos níveis. Os modelos foram ajustados com todos os dados (geral), bem como estratificados por:

- a) *Região*: 1 (Agreste de Alagoinhas, Litoral Norte e Camaçari), 2 (Extremo Sul), 3 (Vitória da Conquista), 4 (Bacia do Rio Corrente e Oeste Baiano);

- b) *Espaçamento inicial de plantio*: 1 (que resultam em área útil por planta entre 4 e 6 m²), 2 (área útil por planta entre 6,1 e 10 m²);
- c) *Material genético*: 1 (*Eucalyptus urophylla*), 2 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*). Nesta estratificação, estes foram os únicos materiais que tiveram suficiência amostral para a modelagem, e
- d) *Classe de precipitação média anual*: 1 (< 900 mm); 2 (entre 900 e 1200 mm); 3 (entre 1201 e 1500 mm) e 4 (> 1500 mm).

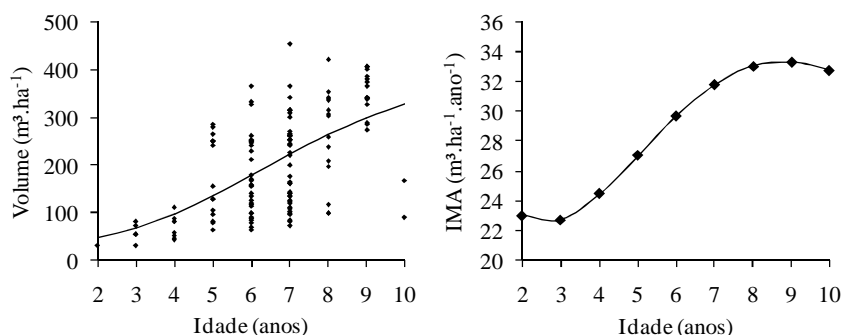
A fim de confirmar a relação entre a precipitação média anual e o IMA, bem como a relação entre a temperatura média anual e o IMA, foi empregado o coeficiente de correlação de Pearson a 5% de significância pelo teste *t* ($\alpha=0,05$), por meio do *software Statistica 7.0*.

Algumas combinações de estratos puderam ser feitas, visando melhor estratificação. Combinações dos estratos acima (região, espaçamento inicial de plantio, material genético e classe de precipitação média anual) foram realizadas quando o número de amostras foi superior a 30 nas combinações, gerando as seguintes combinações:

- i) Região 2 (Extremo Sul) e Classe de precipitação média anual 3 (entre 1201 e 1500 mm)
- ii) Região 3 (Vitória da Conquista) e Classe de precipitação média anual 1 (< 900 mm)
- iii) Região 4 (Bacia do Rio Corrente e Oeste Baiano) e Classe de precipitação média anual 2 (entre 900 e 1200 mm)
- iv) Região 2 (Extremo Sul) e Espaçamento inicial de plantio 2 (Área útil por planta entre 6,1 e 10 m²)

5 – RESULTADOS

Os plantios de eucaliptos destinados à reposição florestal analisados apresentaram volumes médios entre 50 e 300 m³.ha⁻¹, com Incremento Médio Anual – IMA de 23 a 34 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ entre 2 e 10 anos, respectivamente, com tendência de acréscimo na produção florestal à medida que as plantações aumentam de idade (Figura 2).



$$Volume(m^3 \cdot ha^{-1}) = \frac{389,697}{1 + 18,670 \cdot e^{(-0,459 \cdot T)}} \quad S_{yx} = 85,621; r = 0,595$$

Figura 2 – Equação geral de crescimento e produção de povoamentos de *Eucalyptus* spp. no Estado da Bahia.

Essa equação não leva em consideração as variações regionais ocasionadas pelo clima, solos, espécies e técnicas silviculturais adotadas, devendo ser utilizada para as regiões que não possuem suas equações específicas, pois representa a média geral para o Estado. Por ter grande variação, o técnico deve se basear nas características específicas do plantio (espécie, espaçamento, tratamentos silviculturais, entre outros) e em seus conhecimentos para escolher o melhor valor dentro da faixa de produtividade.

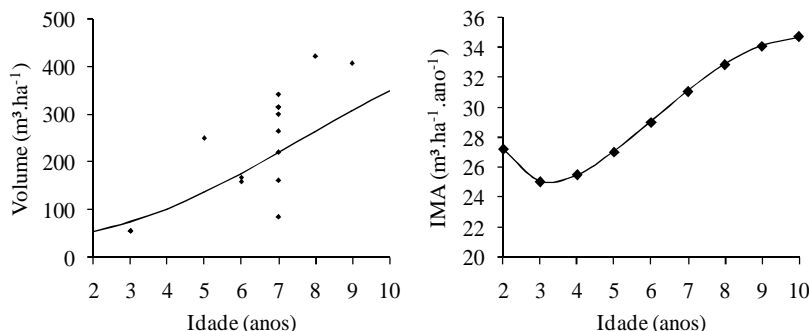
Durante a análise dos processos do INEMA percebeu-se que, em muitos plantios, houve erro na escolha das técnicas silviculturais adequadas, como espaçamento muito adensado, que resultou na excessiva competição entre os indivíduos, resultando em aumento da taxa de mortalidade, falhas no combate a formigas ou no controle do sub-bosque, escolha inadequada da espécie para as condições ambientais de cada região, bem como outros fatores que possam ter prejudicado o desenvolvimento do plantio, como incêndios ou longos períodos de seca.

Dessa forma, neste trabalho foram considerados como plantios com desenvolvimento aquém do esperado, aqueles com IMA menor que $15 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, visto que este era o valor mínimo utilizado pelo INEMA para geração de créditos de volume florestal, sendo estes casos considerados na definição do potencial da região para a reposição florestal.

Na Região 1 (Agreste de Alagoinhas, Litoral Norte e Camaçari), foi encontrado o menor número de registros, 13, abrangendo uma área de 2.227,13 ha, correspondente a 8,64 % do total. Os municípios foram Araçás, Entre Rios, Esplanada, Mata de São João e Pojuca. A precipitação anual média destes municípios é de 1.629,36 mm. A maioria dos imóveis era propriedade de empresa florestal do setor siderúrgico que cultiva o *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. As espécies plantadas para a região foram *Eucalyptus urophylla* e os híbridos *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus grandis*. Na maioria dos processos analisados não foram encontrados os dados de espaçamento e espécie utilizada, impossibilitando a análise da influência destes fatores na região.

De modo geral, a região apresenta boa produtividade, com valor médio de IMA de $31 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ na idade de 7 anos (Figura 3). A amplitude de produtividade utilizada pelo INEMA para a região é de 30 a $45 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e responde a cerca de 40% dos casos registrados. Os valores fora deste intervalo são tanto acima quanto abaixo destes limites, variando entre 18 e $53 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$.

Apenas um imóvel desta região apresentou alto índice de mortalidade, com base nos processos analisados, o que mostra que a região tem bom potencial para reposição florestal, apresentando menor risco de prejuízo para os produtores.



$$Volume(m^3 .ha^{-1}) = \frac{489,697}{1 + 16,790 .e^{(-0,371.I)}} \quad S_{yx} = 80,179 ; r = 0,779$$

Figura 3 – Equação de crescimento e produção de povoamentos de *Eucalyptus* spp. no Estado da Bahia – Região 1 (Agreste de Alagoinhas, Litoral Norte e Camaçari).

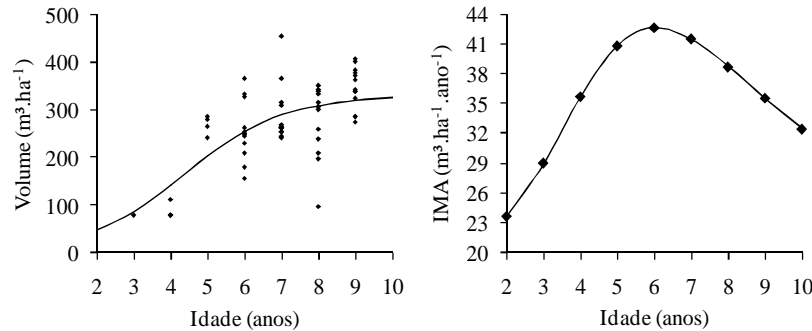
A Região 2 (Extremo Sul), é a que possui maior área cultivada de *Eucalyptus* do Estado, geralmente destinada à produção de celulose, sendo áreas vinculadas ao PSS de empresas próximas. A área analisada foi de 8.962 ha, sendo 34,78 % da área total, distribuída em 57 processos. Os municípios com plantios registrados foram Alcobaça, Belmonte, Caravelas, Eunápolis, Guaratinga, Itabela, Itagimirim, Itanhem, Jucurussu, Medeiros Neto, Mucuri, Nova Viçosa, Porto Seguro, Santa Cruz de Cabrália e Teixeira de Freitas, com precipitação anual média de 1.246,8 mm.

A maioria dos plantios foi realizada com diferentes clones de empresa florestal de produção de celulose, do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. O *Eucalyptus grandis* é considerado excelente para a produção de celulose e pode superar qualquer outro em produtividade nas condições adequadas, entretanto, torna-se sensível ao fungo *Cryphonectria cubensis*, agente causador da doença conhecida como cancro do eucalipto, quando plantada em regiões tropicais úmidas, por isso sua hibridação com o *Eucalyptus urophylla*, que possui alta resistência ao cancro (MORA e GARCIA, 2000).

As características destas espécies e a produtividade demonstram que este híbrido é o ideal para a região. Os maiores espaçamentos foram encontrados nessa região, em sua maioria 5 x 2,4 m e 4 x 3 m, ou seja 12 m². Foram identificados apenas quatro casos de baixa produção, sendo três no espaçamento 3 x 2 m (todos do mesmo proprietário) e um de 3 x 3 m.

A produtividade média da região foi de 41 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ na idade de 7 anos (Figura 4). A amplitude volumétrica utilizada atualmente é de 30 a 50 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ e correspondeu a 70% dos

casos. Apesar de a região ter boa aptidão para reposição florestal, a proximidade com empresas florestais fez com que a maioria dos produtores vinculasse seus plantios aos PSS destas, o que impossibilita o vínculo à reposição.



$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{328,789}{1 + 27,118.e^{(-0,759.I)}} \quad S_{yx} = 62,398; r = 0,654$$

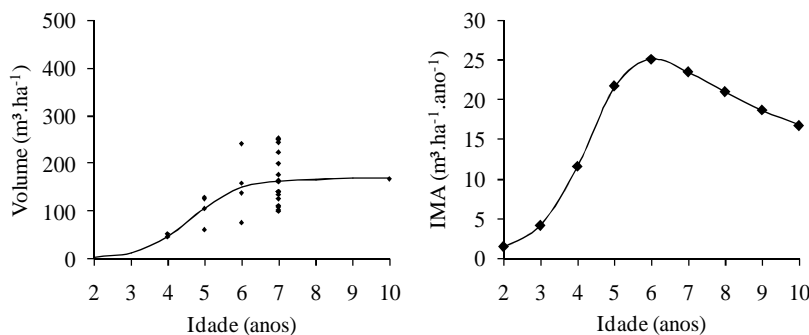
Figura 4 – Equação de crescimento e produção de povoamentos de *Eucalyptus* spp. no Estado da Bahia – Região 2 (Extremo Sul)

A Região 3 (Vitória da Conquista) possui 31 processos analisados e área total de plantio de 2.185,26 ha, distribuída nos municípios de Cândido Sales, Condeúba, Cordeiros, Encruzilhada, Tremedal e Vitória da Conquista. A precipitação anual média é de 784,48 mm, a menor das regiões estudadas.

A amplitude volumétrica utilizada é de 15 a 30 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, que é a mesma utilizada para todos os territórios que não estavam especificados na tabela. Encontra-se na região um grande número de produtores que não alcançaram o volume reconhecido em créditos e que estão encontrando dificuldades para devolver esse valor ao FERFA, ao mesmo tempo em que há outros casos de produtores requerendo liberação de volume maior que o limite máximo.

A produtividade média da região é de 24 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ aos 7 anos de idade (Figura 5). Foram observados muitos casos de plantios com alta mortalidade. O espaçamento mais utilizado é 3 x 2 m e em poucos casos 3 x 3 m, o que, somado ao baixo índice de precipitação e longos períodos de estiagem pode explicar essa mortalidade. As espécies cultivadas foram *Eucalyptus urophylla* (maioria), *Eucalyptus camaldulensis*, *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus cloeziana*. O *Eucalyptus camaldulensis*, por sua resistência a secas prolongadas deve ser recomendado. Sua madeira não é recomendada para celulose, mas este não é o foco dos produtores, que, em geral, comercializam o material lenhoso carbonizado para siderúrgicas de Minas Gerais.

Essa é a região com maior índice de plantios vinculados à reposição florestal e percebe-se crescente interesse por reflorestamento na região. Os problemas anteriores com reposição, o desconhecimento das mudanças na legislação (vínculo por apenas um ciclo) e burocracias do INEMA, desestimulam muitos a vincular as florestas. Os técnicos devem evitar os plantios com pequenos espaçamentos e incentivar os produtores a melhorar as práticas silviculturais para evitar prejuízos futuros aos que receberem os créditos, evitando liberar 100 % do volume antes da constatação de que o plantio alcançará o total com apresentação de Inventário Florestal.



$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{168,153}{1 + 1258,37.e^{(-1,54451.I)}} \quad S_{yx} = 49,594 ; r = 0,580$$

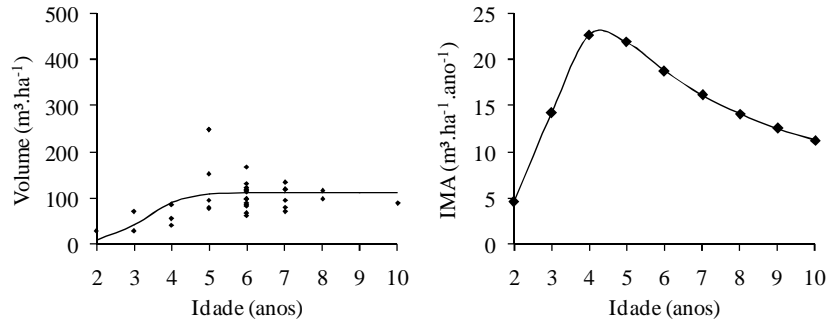
Figura 5 – Equação de crescimento e produção de povoamentos de *Eucalyptus* spp. no Estado da Bahia – Região 3 – Vitória da Conquista

Para a Região 4 (Bacia do Rio Corrente e Oeste Baiano), foram observados 45 registros, abrangendo uma área de 13.378,37, quase 52 % do total amostrado. Os municípios foram: Angical, Baianópolis, Barreiras, Correntina, Cristópolis, Jaborandi, Luis Eduardo Magalhães, Santa Rita de Cássia, São Desidério e Riachão das Neves. Segundo IBGE (2011) Baianópolis, Santa Rita de Cássia e Riachão das Neves estão entre os 20 municípios de maior produção silvicultural do Brasil. As espécies registradas foram *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus camaldulensis* e o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

A precipitação anual média para esta região é de 1.087,7 mm (Figura 6). A região apresentou baixa produtividade e alto índice de mortalidade. A amplitude volumétrica utilizada atualmente é de 20 a 35 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, mas constatou-se que mais de 70% dos imóveis teve sua produtividade abaixo do limite mínimo (24 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ aos 7 anos). A região apresenta altos índices de incêndio em determinada época do ano, o que pode explicar a grande quantidade de plantios com altas taxas de mortalidade das árvores. Os produtores utilizaram, em quase todos os plantios, o espaçamento 3 x 2 m, que pode ser outra explicação possível, devido ao aumento na competição por nutrientes e, principalmente, por água. Assim, deve-se tomar cuidado ao vincular plantios nessa região, pois é grande a chance de o imóvel não atingir o volume reconhecido, o que

pode acarretar muitos prejuízos para o produtor, bem como dificultar a eficiência do mecanismo de reposição.

A solicitação de garantias que mostrem a capacidade do produtor de devolver ao FERFA o volume recebido em dinheiro ou a liberação de apenas parte do volume reconhecido até que se comprove o volume alcançado com inventário florestal na ocasião do corte, podem ser alternativas possíveis.



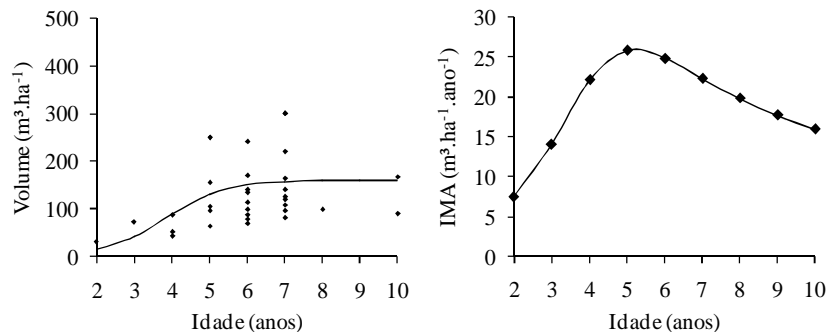
$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{113,551}{1 + 492,064e^{(-1,90092t)}} \quad S_{yx} = 45,20; r = 0,431$$

Figura 6 – Equação de crescimento e produção de povoamentos de *Eucalyptus* spp. no Estado da Bahia – Região 4 – Bacia do Rio Corrente e Oeste Baiano.

Os plantios com espaçamentos menores normalmente exigem desbastes ou ciclos mais curtos de corte, pois a competição entre as plantas ocorre mais precocemente, antecipando a estagnação do crescimento (SIMÕES, 1989). O aumento no número de árvores dominadas com o passar da idade nos menores espaçamentos prejudica o volume final, o que pode explicar a pequena quantidade de dados de plantios a serem cortados no espaçamento 1 (que resultam em área útil por planta entre 4 e 6 m²) em comparação com 2 (que resultam em área útil por planta entre 6 e 10 m²).

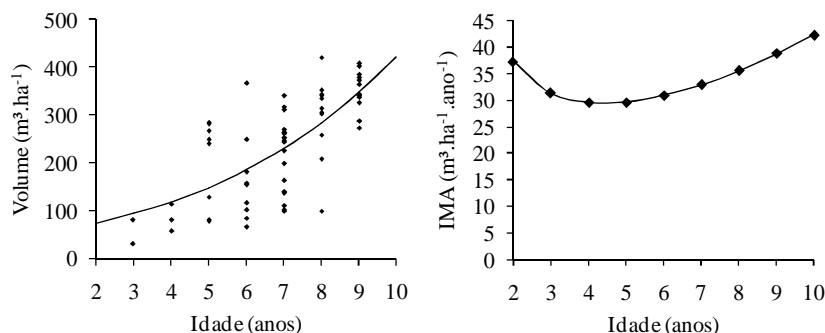
O volume médio aos 7 anos para as áreas com maiores espaçamentos foi de aproximadamente 33 m³.ha⁻¹.ano⁻¹, com menor quantidade de casos abaixo da média em comparação ao 1. Conforme mencionado nas análises anteriores, os menores espaçamentos apresentaram alto índice de mortalidade, sendo que a média de produtividade foi de 23 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ aos 7 anos, devendo ser evitado nos casos de reposição florestal (Figura 7).

Espaçamento 1



$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{159,3715}{1 + 114,456.e^{(-1,2406.t)}} \quad Syx = 82,515 ; r = 0,3736$$

Espaçamento 2



$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{1967,6}{1 + 41,329.e^{(-0,2426.t)}} \quad Syx = 75,9477 ; r = 0,7107$$

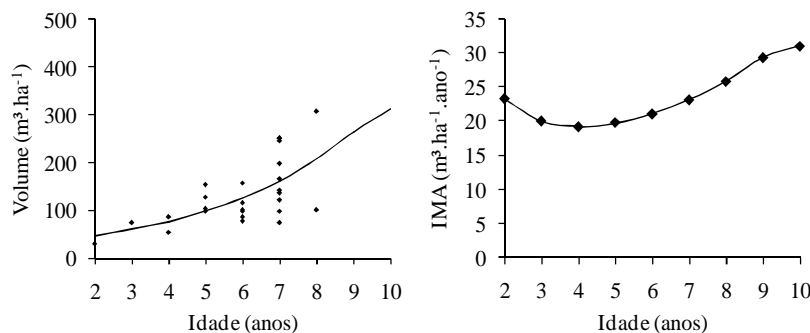
Figura 7 – Equações de crescimento e produção de povoamentos de *Eucalyptus* spp. no Estado da Bahia – Espaçamento 1 (Área útil por planta entre 4 e 6 m²), Espaçamento 2 (Área útil por planta entre 6,1 e 10 m²).

Em grande parte dos processos analisados, não foi mencionada a espécie cultivada. Os materiais genéticos mais utilizados foram *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus urograndis* (Figura 8). De maneira geral, o material genético 2 (*E. urophylla* x *E. grandis*) apresentou maiores incrementos em volume que o 1.

O material genético 1 foi bastante utilizado no Estado, encontrado em todas as regiões analisadas. Os dados de espaçamento e pluviosidade nessa análise foram bastante variados. Em geral, os plantios que utilizaram o material genético 2 apresentaram os maiores espaçamentos e maiores índices pluviométricos, concentrados nas Regiões 1 (Agreste de Alagoinhas / Litoral Norte / Camaçari) e 2 (Extremo Sul), o que pode ter influenciado nos incrementos encontrados.

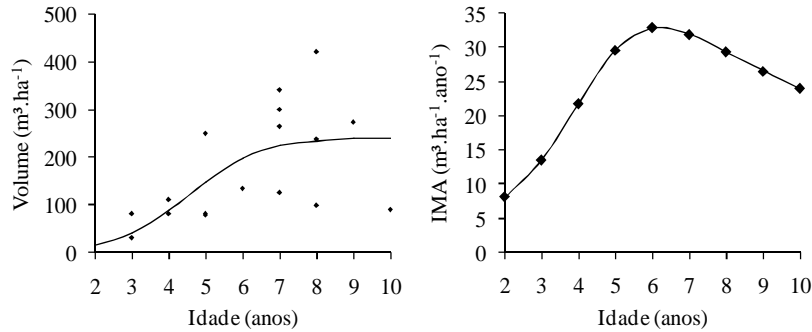
A análise da produtividade em função do material genético não deve ser feita de forma isolada, considerando que os ganhos em incremento variam em função das técnicas silviculturais aplicadas, bem como de sua adaptação às condições edafoclimáticas no local em que foram inseridos, sendo este o principal ponto a ser levado em consideração na escolha da espécie/clone, juntamente com o uso final a que será destinado o material lenhoso.

Material genético 1



$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{9266,7}{1 + 327,34.e^{(-0,2515.t)}} \quad Syx = 56,135 ; r = 0,6125$$

Material genético 2



$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{241,0351}{1 + 110,1604.e^{(-1,03438.t)}} \quad S_{yx} = 97,674 ; r = 0,6005$$

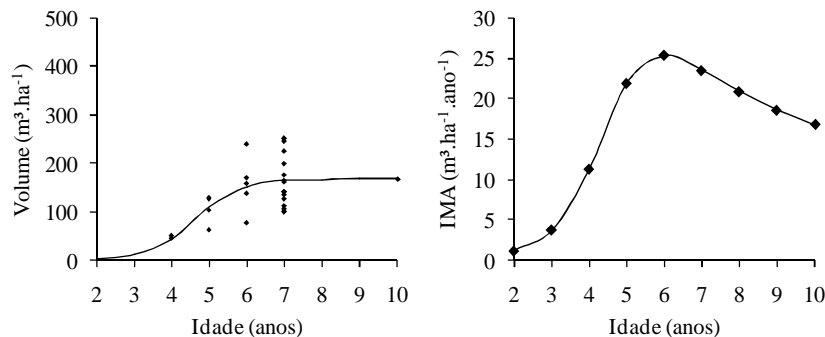
Figura 8 – Equações de crescimento e produção de povoamentos de *Eucalyptus* spp. no Estado da Bahia – Material genético 1 (*Eucalyptus urophylla*), Material genético 2 (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*).

A relação entre a Temperatura Média e o IMA em volume, apresentou coeficiente de correlação de Person de 0,14, não significativa no teste *t* a 95% de probabilidade. Já a relação entre a precipitação média anual e o IMA foi significativa no teste *t* a 95% de probabilidade, com coeficiente de correlação igual a 0,51.

As médias de IMA aos 7 anos para as quatro classes de precipitação foram de 24, 21, 40 e 44 m³.ha⁻¹.ano⁻¹. As variações de IMA entre 1 e 2 foram semelhantes, sendo os valores máximos para 2 um pouco maiores. A faixa 3 apresenta IMA máximo aos 7 anos, diminuindo após essa idade. Para a faixa de precipitação 4 o IMA inicial foi bem elevado (65 m³.ha⁻¹.ano⁻¹), muito superior aos outros, reduzindo com o passar do tempo até chegar aos 35 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ aos 10 anos.

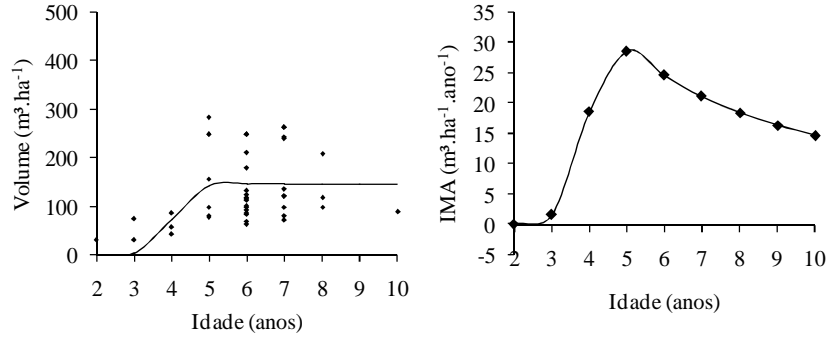
As faixas de precipitação 1 e 2 apresentaram comportamento semelhante, com tendência de estagnação do crescimento entre 6 e 7 anos de idade, provavelmente em decorrência da competição entre plantas por água. Nas faixas 3 e 4 essa estagnação não foi observada, pois, com aumento da precipitação, há maior disponibilidade do recurso.

Precipitação 1 (< 900 mm)



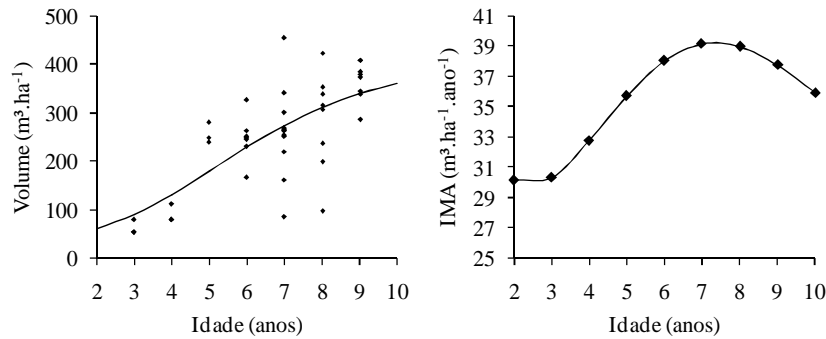
$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{167,787}{1 + 1847,001.e^{(-1,630.t)}} \quad S_{yx} = 48,758 ; r = 0,581$$

Precipitação 2 (entre 900 e 1200 mm)



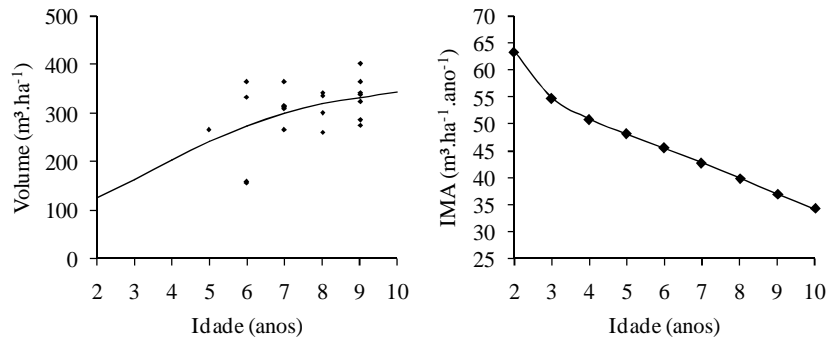
$$Volume(m^3 \cdot ha^{-1}) = \frac{147,440}{1 + 854672,630 \cdot e^{(-3,418 \cdot I)}} \quad S_{yx} = 68,589 ; r = 0,4131$$

Precipitação 3 (entre 1201 e 1500 mm)



$$Volume(m^3 \cdot ha^{-1}) = \frac{393,637}{1 + 15,240 \cdot e^{(-0,507 \cdot I)}} \quad S_{yx} = 74,632 ; r = 0,725$$

Precipitação 4 (> 1500 mm)



$$Volume(m^3 \cdot ha^{-1}) = \frac{362,326}{1 + 4,431 \cdot e^{(-0,434 \cdot I)}} \quad S_{yx} = 57,234 ; r = 0,434$$

Figura 9 – Equações de crescimento e produção de povoamentos de *Eucalyptus* spp. no Estado da Bahia por classe de precipitação média anual: 1 (< 900 mm); 2 (entre 900 e 1200 mm); 3 (entre 1201 e 1500 mm) e 4 (> 1500 mm).

A precipitação é um fator de grande influência no crescimento de Eucalipto, como se pode observar acima, e é o único dos fatores analisados que não pode ser corrigido pelo homem, sendo assim, foi gerada a Tabela 2 com as faixas de precipitação e sua respectiva amplitude de

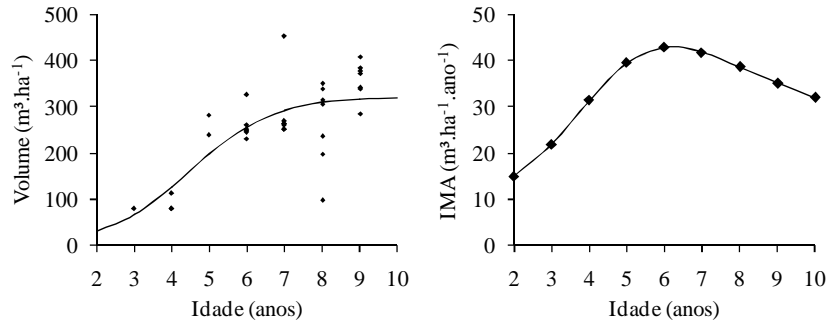
produtividade, considerando a idade de 7 anos. Por haver sobreposição entre os valores encontrados nas faixas de precipitação 1 e 2, elas foram consideradas como uma única classe na tabela. Essa tabela é uma alternativa a ser utilizada pelo INEMA em substituição àquela apresentada por região.

Tabela 2: Faixas de amplitude de produtividade por precipitação

Precipitação (mm)	Amplitude de produtividade (m ³ .ha ⁻¹)
< 1200	15 a 30
Entre 1200 e 1500	30 a 50
>1500	35 a 55

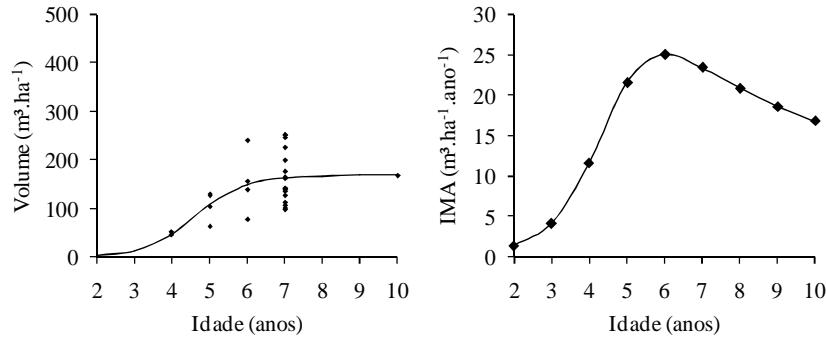
A Figura 10 apresenta gráficos e equações de volume ajustadas de IMA para diferentes combinações entre estratos acima (região, espaçamento inicial de plantio, material genético e classe de precipitação média anual). Poucas combinações de estratos puderam ser feitas com os dados disponíveis, sendo realizadas apenas quando o número de amostras foi superior a 30. À medida que este banco de dados for sendo alimentado, novas combinações poderão ser feitas para aumentar a precisão das estimativas. Sempre que possível essas análises devem ser priorizadas.

i) Região 2 (Extremo Sul) e Classe de precipitação média anual 3 (entre 1201 e 1500 mm)



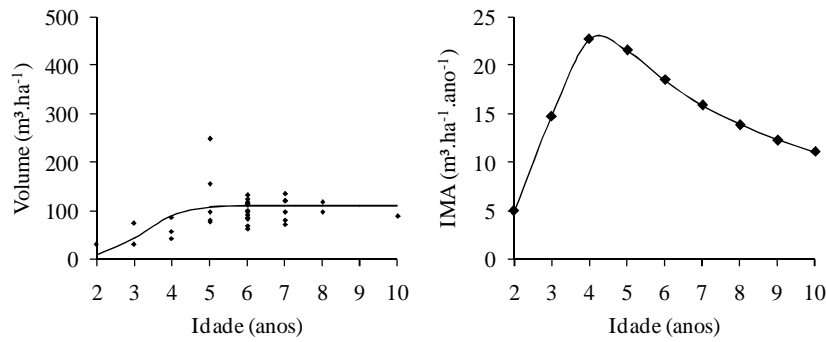
$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{322,2063}{1 + 60,481436.e^{(-0,91352.I)}} \quad Syx = 67,86; r = 0,7232$$

ii) Região 3 (Vitória da Conquista) e Classe de precipitação média anual 1 (< 900 mm)



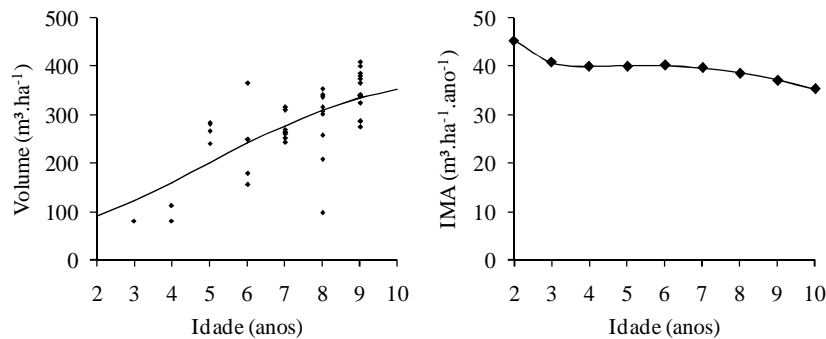
$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{168,1525}{1 + 1258,3732.e^{(-1,5445065.I)}} \quad S_{yx} = 49,59; r = 0,5804$$

iii) Região 4 (Bacia do Rio Corrente e Oeste Baiano) e Classe de precipitação média anual 2 (entre 900 e 1200 mm)



$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{111,35186}{1 + 449,04591.e^{(-1,89806.I)}} \quad S_{yx} = 44,747; r = 0,4269$$

iv) Região 2 (Extremo Sul) e Espaçamento inicial de plantio 2 (Área útil por planta entre 6,1 e 10 m²)



$$Volume(m^3.ha^{-1}) = \frac{395,33321}{1 + 7,728323.e^{(-0,41476406.I)}} \quad S_{yx} = 60,182; r = 0,6985$$

Figura 10 – Combinações de estratos: i) Região 2 (Extremo Sul) e Classe de precipitação média anual 3 (entre 1201 e 1500 mm); ii) Região 3 (Vitória da Conquista) e Classe de precipitação média anual 1 (< 900 mm); iii) Região 4 (Bacia do Rio Corrente e Oeste Baiano) e Classe de precipitação média anual (entre 900 e 1200 mm); iv) Região 2 (Extremo Sul) e Espaçamento inicial de plantio 2 (Área útil por planta entre 6,1 e 10 m²).

Todos os modelos gerados devem ser utilizados apenas nas faixas de idade amostradas (2 a 10 anos). Para cada processo o técnico deve observar o erro da estimativa e analisar as especificidades técnicas de cada projeto e da região, para escolher o melhor volume a ser reconhecido na forma de crédito. Com o surgimento de novos materiais genéticos e melhoria na eficiência de práticas silviculturais, essas equações devem ser refeitas periodicamente, devido à perspectiva de aumento da produtividade.

Uma forma de melhorar a predição da produtividade do Estado é a formação de um banco de dados mais completo, com a seleção de plantios novos nas diferentes regiões e acompanhamentos destes no decorrer de seu desenvolvimento até a idade de corte (parcelas permanentes), o que geraria modelos mais precisos com melhor análise do crescimento nas diferentes idades.

Com este estudo espera-se melhorar as estimativas médias de produtividade nos plantios florestais a serem vinculados à reposição florestal no Estado da Bahia, facilitando o trabalho dos técnicos nas análises destes processos e diminuindo o déficit do volume alcançado pelas florestas vinculadas em comparação ao estimado e reconhecido na forma de créditos de volume florestal.

6 – CONCLUSÕES

— Devem ser evitados os pequenos espaçamentos nos reflorestamentos a serem vinculados a reposição florestal, principalmente os de 4 a 6 m³.planta⁻¹, pois aumentam a chance de ocorrência de alta mortalidade devido à maior competição entre as espécies por água e nutrientes.

— As Regiões 1 (Agreste de Alagoinhas, Litoral Norte e Camaçari) e 2 (Extremo Sul) apresentam os maiores índices de produtividade, no entanto, o interesse principal dos proprietários, em geral, é de vincular seus plantios ao PSS de empresas próximas.

— A Região 4 apresentou o menor índice de produtividade e por isso, baixo potencial para reposição florestal.

— A Região 3 é mais indicada que a 4 para a reposição florestal, ainda assim deve ser evitada a liberação de todo o crédito em plantios novos, para evitar grandes perdas e prejuízos para os produtores.

— Para diminuir o erro das estimativas, o técnico, ao calcular o volume médio, deve observar as condições técnicas e as especificidades da área de plantio, visando identificar se o povoamento supera ou não as expectativas médias da região.

— As equações devem ser refeitas periodicamente para representarem os possíveis aumentos na perspectiva de crescimento.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2012. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br/estatisticas.asp>>, Brasília, DF: p. 146, 2013.

ASSOCIAÇÃO DOS SILVICULTORES DO SUDOESTE DA BAHIA (ASSOSIL). Disponível em: <<http://assosil.com.br/?p=72>> Acesso em 11 de setembro de 2013.

BAHIA. Decreto nº 14.024 de 06 de junho de 2012, consolidado com as alterações de Decreto nº 14.032 de 15 de junho de 2012. Aprova o Regulamento da Lei nº 10.431, de 20 de dezembro de 2006, que instituiu a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia, e da Lei nº 11.612, de 08 de outubro de 2009, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: www.seia.ba.gov.br/legislacao-ambiental/leis/lei-n-10431. Acesso: 22 de julho de 2013.

BAHIA. Lei nº 10.431 de 06 de junho de 2006. Dispõe sobre a Política de Meio Ambiente e de Proteção à Biodiversidade do Estado da Bahia e dá outras providências. Disponível em: <www.seia.ba.gov.br/legislacao-ambiental/leis/lei-n-10431>. Acesso: 02 de agosto de 2013.

BORGES, J. S. Parametrização do Modelo 3-PG para Eucalipto para Região do Cerrado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n.3, p. 567-578, 2012.

BRASIL. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771/imprensa.htm>. Acesso: 20 de julho de 2013.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **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; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso: 20 de julho de 2013.

CAMPOS, J. C. C. Principais fatores do meio que afetam o crescimento das árvores. **Revista Floresta**, v. 2, n 3, 1970.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Mensuração florestal: perguntas e respostas. 4. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 605 p.

CARVALHO, S. P. C.; CALEGARIO, N.; SILVA, F. F.; BORGES, L. A. C.; MENDONÇA, A. R.; LIMA, M. P. Modelos não lineares generalizados aplicados na predição da área basal e volume de *Eucalyptus* clonal. Lavras: **Revista Cerne**, v. 17, n. 4, p. 541-548, 2011.

CASTRO, R. V. O.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, F. B.; LEITE, H. G. Crescimento e produção de plantios comerciais de eucalipto estimados por duas categorias de modelos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 3, p. 287-295, 2013.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 411 de 06 de maio de 2009. Dispõe sobre procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa, bem como os respectivos padrões de nomenclatura e coeficientes de rendimento volumétricos, inclusive carvão vegetal e resíduos de serraria. **Diário Oficial da União nº 86**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=604>>. Acesso em 11 de novembro de 2013.

EMBRAPA FLORESTAS. Aspectos socioeconômicos, ambientais e legais da eucaliptocultura. **Versão Eletrônica**, 2010. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>> Acesso em 28 de outubro de 2013.

FARINACI, J. S.; FERREIRA, L. C.; BATISTELLA, M. Transição florestal e modernização ecológica: a eucaliptocultura para além do bem e do mal. São Paulo: **Ambiente e Sociedade**, v. 16, p. 25-46, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da extração vegetal e da Silvicultura**. Rio de Janeiro, v. 26, p. 1-55, 2011.

LINDER, S. Understanding and predicting tree growth, **Studia Forestalia Suecica**, Berlings, n. 160, 1981.

MENDONÇA, A. R. Modelagem não linear do crescimento e da produção de plantações florestais. Tese (Doutorado). **Universidade Federal de Lavras**, p. 35-42, 2010.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Instrução Normativa nº 06 de 18 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a reposição florestal e o consumo de matéria-prima florestal.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, p. 112, 2000.

MUMMERY, D.; BATTAGLIA, M. Significance of rainfall distribution in predicting eucalypt plantation growth, management options, and risk assessment using the process-based model CABALA. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 193, n. 1-2, p. 283-296, 2004.

OLIVEIRA, M. L. R.; LEITE, H. G.; NOGUEIRA, G. S.; GARCIA, S. L. R.; SOUZA, A. L. Classificação da capacidade produtiva de povoamentos não desbastados de clones de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, p.1559-1567, 2008.

RYAN, M. G; STAPE, J. L; BINKLEY, D; FONSECA, S; LOOS, R. A; TAKARASHI, E. N; SILVA, C. R; SILVA, S.R; HAKAMADA, R. E; FERREIRA, J. M; LIMA, A. M; GAVA, J. L; LEITE, F. P; ANDRADE, H. B; ALVES, J. M; SILVA, G. G. C. Factors controlling Eucalyptus productivity: how water availability and stand structure alter production and carbon location. **Forest Ecology and Management**, v. 259, p. 1695-1793, 2010.

SABBAG, S. C. **Reposição Florestal: caminho para o desenvolvimento sustentável tropical**. Dissertação (mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Brasília, p. 158, 2011.

SALASSIER, B. Manual de Irrigação. 08 ed. Viçosa: **Editora UFV**, p. 625, 2006.

SANDS, R.; MULLIGAN, D. R. Water and nutrient dynamics and tree growth. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.30, n.1, p. 734–746, 1990.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Florestas do Brasil em resumo 2013**. Brasília, 2013:188 p. Disponível em www.florestal.gov.br. Acesso em 09/10/2013