



INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

Contabilidade dos fluxos de CO₂ em uma Plantação Comercial de Bambu Visando a Produção Papeleira

L. Ghelmandi Netto, B. F. Giannetti

Universidade Paulista – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção, São Paulo-SP, luiznetto@unip.br

Resumo

Devido a importância das mudanças climáticas para a sustentabilidade da sociedade humana, a necessidade de estudos que abordem o armazenamento de CO₂ é cada vez mais latente. Assim, o presente estudo avalia o potencial de mitigação da emissão global de CO₂ em plantações comerciais. Neste caso, o sistema escolhido para estudo é uma plantação comercial de bambu visando a indústria de produção papeleira, localizada no nordeste do Brasil. Além da atividade principal da plantação foram considerados mais dois tipos de cenários, visando uma avaliação mais completa das quantidades de CO₂ liberadas e estocadas ao longo dos 25 anos de vida útil. Foram estudadas também alternativas para a diminuição da quantidade de CO₂ liberada pelos insumos gastos na plantação.

Palavras-Chave: Plantação comercial, bambu, emissão de CO₂, estoque de CO₂.

1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo avaliar as quantidades de CO₂ liberadas e estocadas em uma plantação de bambu comercial para a produção de celulose e papel. A espécie de bambu considerada é a *Bambusa vulgaris*, principal espécie cultivada no Nordeste do Brasil. A plantação de bambu possui vida útil de 25 anos (Grupo Industrial João Santos, 2000).

A primeira etapa do trabalho envolve o inventário completo dos insumos utilizados ao longo de 25 anos. A principal fonte de pesquisa para o levantamento destes dados foi o manual elaborado por Grupo Industrial João Santos (2000).

Para seu estudo a plantação de bambu foi dividida em três períodos:

- **Implantação** – Corresponde aos três primeiros anos da plantação. Nesta fase processos como adubação, calagem, roçagem do mato e aplicação de formicida são freqüentemente executados. É nesta fase que o primeiro corte dos colmos ("tronco" do bambu) é realizado.
- **Adaptação** – Esta fase se dá entre o 4º e o 10º ano da plantação. Inicia-se a utilização do fertilizante 14-20-14. Nesta fase os colmos já possuem idade para serem colhidos, respeitando o intervalo de dois anos entre uma colheita e outra. Considera-se que a plantação não está ainda totalmente adaptada ao local de plantio.
- **Operação** - Nesta fase, do 11º ao 25º ano, a manutenção na plantação é feita somente a cada corte de colmos, de 2 em 2 anos. Vale destacar que é na fase de operação que a plantação de bambu está totalmente adaptada ao local de plantio (Grupo Industrial João Santos, 2000) podendo assim atingir o ápice de sua

KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE

São Paulo – Brazil – May 20th-22nd - 2009

produção anual.

Para uma mais completa análise do comportamento da plantação e das quantidades de CO₂ estocada líquida, além da principal atividade da plantação de bambu (fornecimento de matéria-prima para a produção de celulose e papel), foram adotados mais dois cenários para a destinação da matéria-prima colhida. Comparam-se também as quantidades de CO₂ líquido estocado pela plantação de bambu e as quantidades estocadas por diferentes tipos de plantação.

Além de determinar as quantidades de CO₂ liberadas e estocadas (bruta e líquida), este trabalho apresenta alternativas para diminuição das emissões de CO₂ provenientes dos insumos empregados. É importante ressaltar que este trabalho amplia e revisa os cálculos presentes em Ghelmandi Netto et al. (2007).

2. Metodologia

2.1. Emissões diretas de CO₂

As emissões diretas consistem na quantidade de CO₂ emitido por intermédio do óleo diesel que foi utilizado no local do plantio. Processos como transporte de trabalhadores, caminhões utilizados para carregar o bambu cortado, preparo de mudas, entre outros foram levados em consideração. Todo o óleo diesel utilizado na plantação durante os seus 25 anos de vida útil foi multiplicado pelo seu potencial de emissão de CO₂ (3,7 kgCO₂/kgdiesel) (Herendeen, 1998).

2.2. Emissões indiretas de CO₂

As emissões indiretas de CO₂ correspondem às quantidades de CO₂ liberadas na atmosfera, por intermédio da combustão dos combustíveis fósseis, necessários para a obtenção dos insumos utilizados na plantação ao longo de seus 25 anos de vida útil. Para a quantificação das emissões indiretas de CO₂, foram necessárias quatro etapas: Inventário de insumos e equipamentos; Cálculo da Energia Primária Incorporada (EPI); Cálculo da quantidade de óleo utilizada; Cálculo da quantidade de CO₂ liberada.

- *Inventário de insumos e equipamentos*

O manual de custos elaborado por Grupo Industrial João Santos (2000) foi a principal fonte consultada para a realização do inventário de insumos e equipamentos utilizados durante toda a vida útil da plantação. Os recursos de mão-de-obra não serão levados em consideração neste trabalho por não exercerem papel determinante nos cálculos das quantidades de CO₂ estocadas e liberadas.

- *Cálculo da Energia Primária Incorporada (EPI)*

A Intensidade da Energia Primária Incorporada (IEPI), (expressa em MJ/kg), (Pellizzi, 1992) foi empregada para cada um dos recursos da plantação. A IEPI foi calculada com base no consumo de fontes de energia convencionais em vários processos italianos de produção agrícola (Pellizzi, 1992). As quantidades de recursos foram multiplicadas pelas suas respectivas IEPI's para calcular o valor da EPI (MJ/ha.ano).

- *Cálculo da quantidade de óleo utilizada*

Para o cálculo das quantidades de óleo utilizado para cada insumo, os valores de EPI de cada um dos recursos da plantação de bambu foi expressado em quilogramas de óleo equivalente empregados (kgoe) a partir da equivalência: 1 kgoe = 42MJ (Pellizzi, 1992).

- *Cálculo da quantidade de CO₂ emitido*

Os valores de óleo utilizado para cada insumo empregado na plantação (expressos em kgoe/ha.ano) são multiplicados pelo índice de Intensidade de Emissão de CO₂ (Brown & Ulgiati, 2002) (3,22kgCO₂/kgoe).

2.3. CO₂ Estocado Bruto

Para a quantificação do CO₂ estocado bruto pela plantação, foi necessária a realização de três processos distintos. São eles: Características da plantação; Percentuais e quantidades de biomassa; CO₂ estocado bruto pela plantação.

- *Características da Plantação*

O espaçamento do plantio das mudas foi a primeira característica a ser adotada. Foi adotado o espaçamento de 1 m x 1 m, e o número inicial de colmos de 5000 colmos/ha.

De acordo com Shanmughavel & Francis (1996) o número de colmos da espécie *Bambusa vulgaris* no 6^o ano da plantação é quatro vezes maior do que número de colmos no 1^o ano. Outro fator determinante na distribuição dos colmos é o fato da plantação estar totalmente adaptada ao seu local de plantio a partir do 11^o ano de vida (Grupo Industrial João Santos, 2000). De acordo com esta observação, foi estimado que a plantação inicia o processo de adaptação ao seu local de plantio a partir do 5^o ano, produzindo 2000 colmos/ha. O corte do bambu nesta plantação foi feito de acordo com a idade dos colmos, ou seja, os colmos mais velhos eram retirados e os mais novos continuavam na plantação até atingirem idade satisfatória. A faixa etária mínima para a extração dos colmos é de três anos.

Em Grupo João Santos (2000) foram encontrados os valores da produção de colmos (expressa em 10³ kg/ha) em todos os cortes realizados na plantação durante os seus 25 anos de vida útil. Sendo assim a estimativa do crescimento dos colmos da plantação foi feita levando em consideração as informações encontradas em Shanmughavel & Francis (1996) e Grupo João Santos (2000).

No 12^o ano a plantação de bambu assume a mesma distribuição do 10^o ano. No 13^o ano a plantação de bambu assume a mesma distribuição do 11^o ano. Este comportamento – alternância das características dos anos 10 e 11 - se sustenta até o final de sua vida útil (25^o ano).

As quantidades de massa seca produzidas foram obtidas multiplicando os valores de produção retirados de Grupo João Santos (2000) pelas frações de umidade retiradas de Watanabe (2008).

As propriedades físicas necessárias (altura, diâmetro, espessura e densidade) para a obtenção da massa seca por colmo e por hectare para cada ano de idade dos colmos da plantação de bambu, foram obtidas em: INBAR (2008), Pereira e Beraldo (2007).

- *Percentuais e quantidades de biomassa*

Em Christanty et al. (1996) são encontrados os percentuais totais de biomassa para cada componente da plantação de bambu, aos 16, 24, 36, 72 meses. Para os períodos não encontrados na literatura, estes valores encontrados foram utilizados obedecendo às seguintes configurações: Para o 1^o ano foi utilizado o percentual de 16 meses; Para o 4^o ano foi utilizado o percentual de 36 meses; Para o 5^o e 7^o anos foi utilizado o percentual de 72 meses. A partir daí, sabendo-se a quantidade de biomassa dos colmos e o percentual de biomassa para cada ano, foram calculadas as quantidades de biomassa do bambu para cada ano e componente da plantação.

- *CO₂ Estocado bruto pela Plantação*

A espécie *Bambusa vulgaris* possui 51,58% de carbono no peso total de sua biomassa (Anselmo Filho et al., 2004). A partir dessa informação, os valores de

biomassa obtidos foram multiplicados por este percentual para a obtenção da quantidade de carbono presente nos componentes do bambu a cada ano. A estes resultados multiplicou-se a razão entre as massas molares do CO₂ e do carbono para sabermos a quantidade de CO₂ estocada bruta pelos componentes do bambu a cada ano. Os valores foram totalizados e classificados em duas parcelas:

- Subterrânea: Quantidade de CO₂ estocado pelos componentes subterrâneos da plantação. Corresponde às raízes e rizomas;
- Acima do Solo: Quantidade de CO₂ estocado pelos componentes localizados acima do solo. Corresponde às folhas e galhos remanescentes do corte dos colmos.

2.4. CO₂ Emitido pela Respiração da Planta

A respiração libera 61% do total de CO₂ absorvido pela plantação (ISAGI et al., 1997). Os valores do CO₂ emitido pela respiração foram obtidos multiplicando os valores de CO₂ estocado bruto pela plantação foram multiplicados por este percentual.

2.5. Cenários estudados

Visando uma melhor aplicação da ferramenta para monitoramento dos fluxos de CO₂, além da atividade principal da plantação (fornecimento de matéria-prima para a produção de celulose e papel), dois outros cenários de produção foram considerados:

- Cenário 1 – Comportamento Florestal: O sistema adota um comportamento semelhante a uma floresta de bambu, ou seja, não há cultivo. O valor total de CO₂ estocado pelos colmos é contabilizado
- Cenário 2 - Indústria Papeleira + Geração de Energia: Além do destino dos colmos para a produção de celulose e papel, as folhas e galhos restantes após a colheita destes colmos são destinados a usinas de geração de energia elétrica. Os colmos colhidos não foram considerados para os cálculos por serem destinados a atividades industriais (ex. produção de papel e/ou energia), não permanecendo no local de cultivo.

3. Resultados e Discussão

A Fig.1 mostra as emissões indiretas de CO₂, por período, ao longo da vida útil da plantação de bambu.

No período de implantação pode-se ver que o óleo diesel é o responsável por praticamente toda a emissão de CO₂ do período: 10%. Os outros 3% ficam a cargo do adubo químico. Os outros componentes da fase de implantação completam os 14% devido a contribuírem com menos de 1% do total de emissões.

No período de adaptação, o fertilizante se mostra o principal emissor de CO₂, com 12% do total, seguido do óleo diesel com 11% do total de emissões do período. O calcário dolomítico atinge 8% e os demais componentes representam menos de 1% do total.

No período de operação, novamente o fertilizante aparece em primeiro lugar com 32% das emissões seguido do diesel com 23%. Os demais componentes correspondem a menos de 1% no período.

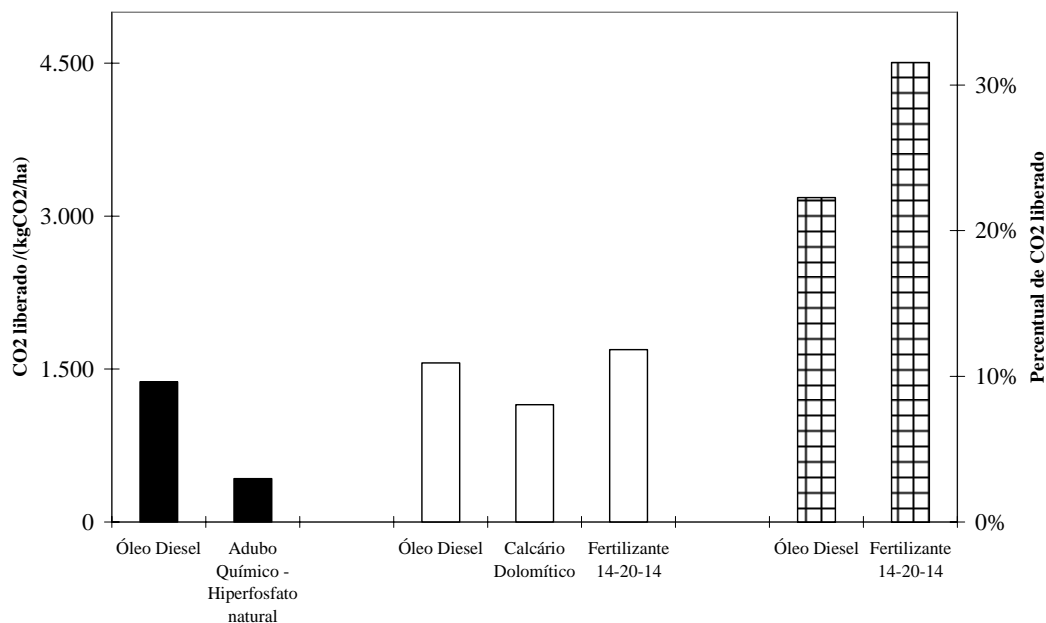


FIGURA 1 – Quantidade e percentual das emissões indiretas de CO₂ por período na vida útil da plantação de bambu. Em preto: Período de Implantação; Em branco: Período de Adaptação; Quadriculado: Período de Operação.

A Fig. 2 apresenta as emissões diretas de CO₂ por período ao longo da vida útil da plantação. No período de implantação as emissões diretas de CO₂ chegam a 23% do total. No período de adaptação o percentual de emissões diretas de CO₂ tem um leve aumento, 25%. No período de operação é onde está localizado o maior percentual de emissões diretas de CO₂, 52%.

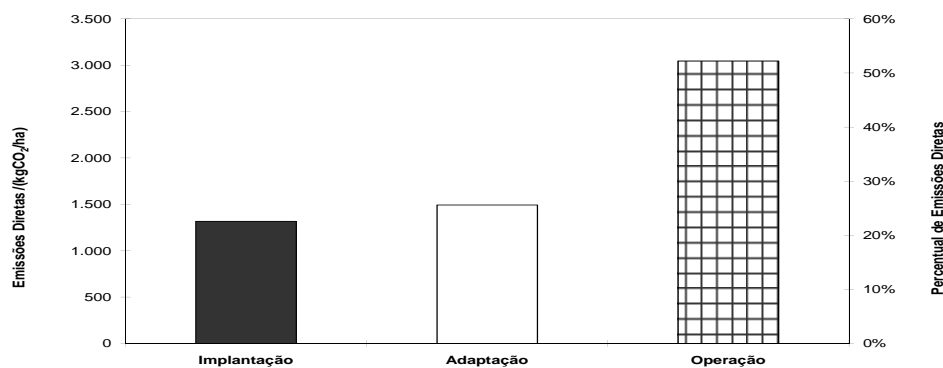


FIGURA 2 – Quantidade e percentual das emissões diretas de CO₂ por período na vida útil da plantação de bambu. Em preto: Período de Implantação; Em branco: Período de Adaptação; Quadriculado: Período de Operação.

Na Fig. 3 é possível visualizar as quantidades de CO₂ estocado bruto, por período, ao longo da vida útil da plantação. Neste caso os colmos colhidos não são contabilizados devido ao fato destes serem destinados para a produção de celulose e papel. No período de implantação, os componentes subterrâneos (concentrados no rizoma mãe) praticamente contabilizam o total da parcela de CO₂ estocada bruta, contribuindo com 3% dos 4% totais. Isso se deve ao fato de que no período de implantação a plantação está em seus primeiros anos de vida e tanto as raízes mais finas e os colmos estão em desenvolvimento.

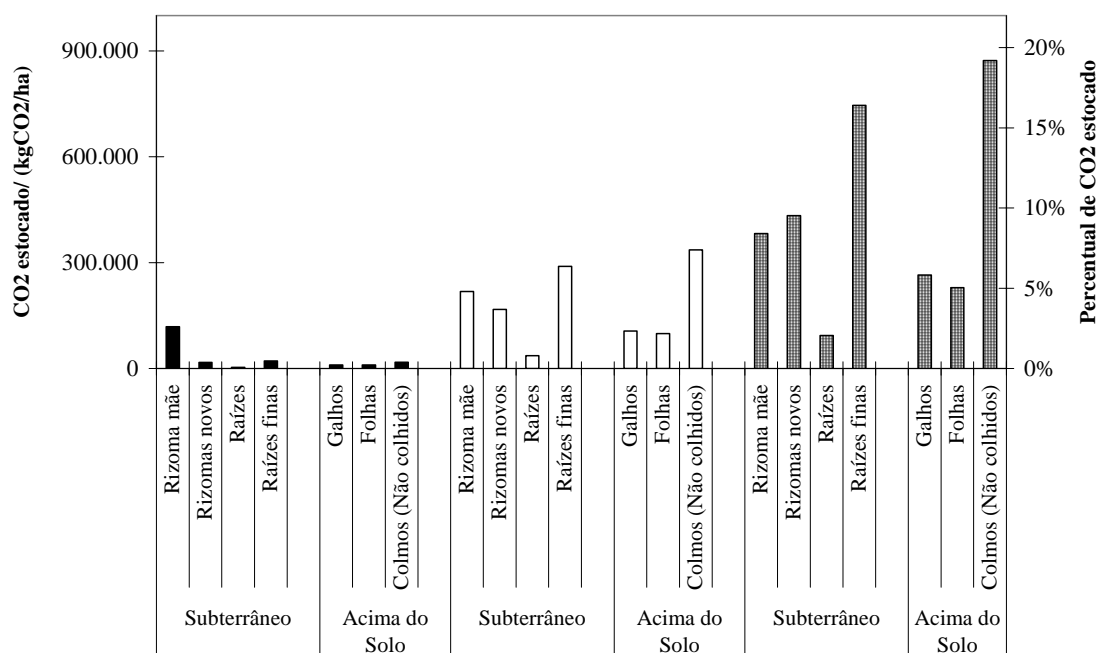


FIGURA 3 – Quantidade e percentual de CO₂ estocado pela plantação de bambu. Em preto: Período de Implantação; Em branco: Período de Adaptação; Quadrícula: Período de Operação.

No período de adaptação a parcela “subterrânea” continua sendo responsável pela maior parte do CO₂ estocado bruto, com 16% dos 28% totais.

Na parcela “acima do solo”, os colmos não colhidos possuem o maior percentual de estoque bruto de CO₂ (8%). Os galhos e as folhas somam 4% (2% para cada componente), totalizando assim os 12% da parcela “acima do solo”.

Na parcela “subterrânea” do período de operação, as raízes finas têm o maior percentual de estoque bruto (17%). Os colmos não colhidos, de acordo com o período de operação, contabilizam o maior percentual de CO₂ estocado bruto na parcela “acima do solo” (20%). A razão deste comportamento é que desde o período de adaptação os colmos já estão mais desenvolvidos e a plantação segue a rotina de corte de colmos conforme as considerações feitas no item “Características da Plantação”. Totalizando os 31% temos os galhos com 6% e as folhas com 5% das quantidades de CO₂ estocado bruto no período de operação.

A plantação emite 61% do total de CO₂ estocado bruto por intermédio da respiração, ou seja, a distribuição percentual dos componentes da planta mostrada na Fig. 2 se aplica tanto para o CO₂ estocado quanto para o CO₂ liberado por intermédio da respiração.

A tabela 1 mostra o estoque líquido de CO₂ armazenado ao longo da vida útil da plantação de bambu na produção de celulose e papel e nos dois tipos de cenários estudados.

Dentre os três tipos de situações comparadas o Cenário 1 (comportamento florestal), é o que possui o maior valor de CO₂ estocado líquido ao longo da vida útil da plantação. Isto se deve ao fato de que neste cenário não são colhidos colmos e os insumos são contabilizados até o período de implantação (3 primeiros anos). A diferença de valores (da ordem de 400.000 kgCO₂/ha) entre o Cenário 1 e a produção de celulose e papel se dá praticamente pela colheita de colmos.

O Cenário 2 (Indústria de Celulose e Papel + Usina de Geração de Energia), é o que possui o menor valor de estoque líquido de CO₂ entre as três situações estudadas. A diferença entre estes dois cenários é que no Cenário 02 os galhos e folhas retirados na limpeza dos colmos colhidos não são deixados na plantação (mais

precisamente no solo do local da colheita) para servirem de estoque de CO₂. Por este motivo estes galhos e folhas retirados da plantação, que não podem ser contabilizados no processo, justificam a diferença de valor (praticamente o dobro) entre o Cenário 2 e a atividade principal da plantação.

TABELA 1 - Estoque líquido de CO₂ na plantação de bambu, nos diferentes cenários propostos, ao longo da vida útil.

Item	Descrição	CO ₂ estocado/ (kgCO ₂ /ha)
1	Indústria de Celulose e Papel (Atividade Principal)	1.515.194
2	Cenário 1 (Comportamento Florestal)	1.925.999
3	Cenário 2 (Indústria de Celulose e Papel + Usina de Geração de Energia)	796.496

1. Valor calculado a partir da equação: ((Estoque bruto de CO₂ da plantação) - (respiração da plantação + emissão direta de CO₂ + emissão indireta de CO₂))

2. Valor calculado a partir da equação: (Estoque bruto de CO₂ da plantação + estoque líquido de CO₂ dos colmos colhidos) - (emissão direta de CO₂ + emissão indireta de CO₂ + respiração da plantação)

3. Valor calculado a partir da equação: "Industria de Celulose e Papel" - estoque bruto de CO₂ dos galhos e folhas

Após os cálculos realizados, pôde-se constatar que a maior parcela de CO₂ estocado é proveniente do subsolo (61%). Em contrapartida, são dos combustíveis fósseis e dos insumos agrícolas que se originam as maiores quantidades de CO₂ emitido. Nas emissões indiretas os insumos agrícolas e o óleo diesel, juntos são responsáveis por 90% das emissões. No que se diz respeito às emissões diretas a combustão do óleo diesel é responsável pelos 100% das emissões.

TABELA 2 - Estoque líquido anual de CO₂ em diferentes tipos de plantação.

Cenário	CO ₂ estocado líquido/ (kgCO ₂ /ha ano)	Referência
Floresta de Bamboo (<i>Phyllostachys pubescens</i>)	108.680	Estimado a partir de (ISAGI et al., 1997)*
Plantação Comercial de Bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>) – Comportamento Florestal	77.039	Cenário 1 (Tabela 1)
Floresta de eucalipto (<i>Eucalyptus pauciflora</i>), Austrália	68.000	(KEITH et al., 1997)
Plantação Comercial de Bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>) - Indústria de Celulose e Papel	60.607	Tabela 1
Floresta Tropical (média global)	62.400	(MALHI et al., 1999)
Floresta aberta de eucalipto (savanna), Austrália	44.000	(CHEN et al., 2003)
Plantação Comercial de Bambu (<i>Bambusa vulgaris</i>) - Indústria de Celulose e Papel + Geração de Energia	31.860	Cenário 2 (Tabela 1)
"Marsh Wetland", Canada	10.560	(BONNEVILLE et al., 2008)
Plantação - Siberian larch (<i>Larix sibirica</i>), Islândia	7.270	(BJARNADOTTIR et al., 2007)

*Soma da produção líquida de carbono de cada parte da planta (tC/ha ano): 2,06 (folhas); 0,99 (ramos); 0,79 (galhos); 4,66 (colmos); 7,48 (rizomas); 16,7 t biomassa/ha ano x 0,448 fração de concentração de carbono) e 11,19 (raízes finas; 11,19 t biomassa)

Na tabela 2 é exibido um comparativo do estoque anual de CO₂ em diferentes tipos de plantações. É possível constatar o grande potencial de armazenamento de CO₂ do bambu.

Comparando os resultados calculados com os de Isagi et al. (1997), acredita-se que a diferença de valores de CO₂ estocado se deve primeiramente ao tipo de plantação de cada uma das situações. Enquanto Isagi et al. (1997) trabalha com uma floresta de bambu com séculos de existência, o estudo apresentado analisa o comportamento de uma plantação comercial de bambu desde o seu plantio até o final de sua vida útil. Mesmo que a plantação comercial de bambu, após seu 11^o ano de vida, esteja integrada com o meio ambiente, ela não terá o mesmo grau de interação que uma floresta de centenas de anos. Um grande exemplo disto é o fato de que na plantação comercial de bambu existe uma grande quantidade de colmos em crescimento, diferentemente de uma floresta existente desde, aproximadamente, 1603 (Isagi et al., 1997).

4. Alternativas para a diminuição de emissão de CO₂

Analisando a Fig. 1 pode-se perceber que os maiores índices de emissão de CO₂ são provenientes do fertilizante 14-20-14 e do óleo diesel, que juntos constituem 88% do total de emissões. Para minimizar estas emissões de CO₂ e, conseqüentemente, o impacto que causam ao meio ambiente foram propostas duas alternativas: a substituição do óleo diesel e do fertilizante 14-20-14 por biodiesel e adubo orgânico (esterco bovino curtido), respectivamente.

No Brasil a lei 11.097/2005, publicada no Diário Oficial da União no dia 14 de janeiro de 2005, estabelece a obrigatoriedade de adição do biodiesel ao óleo diesel nos percentuais mínimos de 2% (mistura denominada B2) e 5% (mistura denominada B5) a serem cumpridos a partir de 2008 e 2013 (CAVALETT, 2008).

Com base nas informações obtidas foram feitos cálculos em que as misturas B2 e B5 fossem utilizadas na plantação, ao invés de 100% de óleo diesel. Os valores encontrados tanto para a mistura B2 quanto para mistura B5 apresentaram índices de redução pouco significativos para a redução da emissão de CO₂ na plantação de bambu (1 e 4%, respectivamente).

Devido a pouca influência que a substituição por B2 ou B5 produz na emissão de CO₂, para fins de estudo foi considerada uma situação em condições ideais extremas. Neste caso o óleo diesel utilizado na plantação seria substituído totalmente por biodiesel (B100), este sendo gerado sem a utilização de combustíveis fósseis. Foi obtido um índice de redução na emissão de CO₂ na plantação de bambu de 90%. Desta maneira o óleo diesel representaria somente 18% - ao invés dos 43% iniciais - do total de emissões de CO₂ na plantação de bambu em toda a sua vida útil.

Em VAN RAIJ et al. (1997) foi constatado que para a substituição de 1 kg de fertilizante 14-20-14 são utilizados de 10 a 14 kg de esterco bovino curtido. Neste caso foi atribuído o maior valor para a substituição, ou seja 14 kg. Após a determinação da quantidade (em kg) necessária para a substituição do fertilizante 14-20-14 pelo esterco bovino curtido, a emissão de CO₂ atribuída ao novo insumo empregado foi calculada de acordo com o item 2.1 deste trabalho. Constatou-se que a substituição por esterco bovino curtido reduz a emissão de CO₂ em 82%.

A Fig. 4 apresenta um gráfico comparativo dos valores de estoque líquido de CO₂ em diferentes alternativas de utilização dos insumos agrícolas estudados, ao longo da vida útil da plantação. Na Fig. 4 nota-se que a maior diferença entre os valores está entre a não substituição do óleo diesel e do fertilizante 14-20-14, e a substituição destes dois insumos por biodiesel B100 - gerado sem a utilização de combustíveis fósseis - e esterco bovino curtido. O índice de redução alcançado foi de 75% em relação ao valor inicial. Outro ponto que merece destaque é a pequena diferença de valores entre as hipóteses intermediárias, que utilizam somente um

dos dois insumos propostos no trabalho (da ordem de 5%) para a diminuição da quantidade de CO₂ liberado.

Atualmente, para uma diminuição a curto prazo da quantidade de CO₂ liberada, é possível a substituição do fertilizante 14-20-14 pelo esterco bovino curtido. Caso esta substituição seja feita em toda a vida útil da plantação, é possível que se obtenha uma redução de 64% na quantidade total de CO₂ liberada.

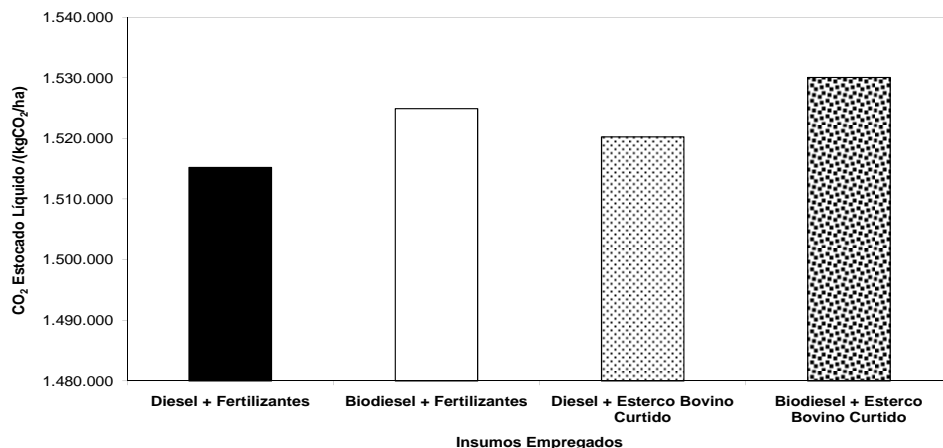


FIGURA 4 – Gráfico comparativo da emissão de CO₂ nos 25 anos de vida útil da plantação utilizando diferentes tipos de insumos agrícolas.

6. Conclusões

Por intermédio deste trabalho, foi constatado que o bambu é uma planta com alto potencial de estoque de carbono (entre 31.860 e 77.039 kgCO₂/ha ano). Os valores de estoque líquido de CO₂ calculados neste trabalho são comparáveis aos valores em diferentes tipos de plantação encontrados na literatura.

Os estoques líquidos de CO₂ encontrados nos diferentes cenários adotados possuem valores satisfatórios, porém a exatidão dos dados pode ser melhorada. Os dados da plantação utilizados para o cálculo dos fluxos de CO₂ corroboram o comportamento e as características de uma plantação comercial de bambu convencional. Para que a exatidão dos valores encontrados neste trabalho possa ser melhorada recomenda-se:

- A utilização dos dados da Energia Primária Incorporada de acordo com os padrões da rede elétrica brasileira, ao invés dos padrões italianos;
- Uma maior exatidão nos dados do comportamento da plantação e das características físicas do bambu. Muitos dados utilizados no trabalho foram estimados devido à falta parcial ou total destes dados.

Além do inventário das quantidades de CO₂ liberadas e estocadas (e conseqüentemente a real possibilidade de estoque de CO₂) em toda a vida útil da plantação em estudo, outro item que merece destaque é a contribuição para a geração de créditos de carbono que este trabalho pode vir a proporcionar. Os valores de estoque de CO₂ encontrados na plantação podem ser aplicados visando esta finalidade.

Medidas para a diminuição destes podem ser extremamente importantes para diminuição da quantidade de CO₂ emitido na atmosfera, conseqüentemente aumentando o estoque líquido de CO₂ nas plantações de bambu.

7. Referências Bibliográficas

- ANSELMO FILHO, P.; BADR, O. Biomass resources for energy in North-Eastern Brazil. *Applied Energy* 77, p. 51-67. 2004.
- AZZINI, A.; ARRUDA, M.C.Q.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A.L.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Produção conjunta de fibras celulósicas e etanol a partir do bambu. *Bragantia* 46(1), p. 17-25. 1987.
- BJARNADOTTIR, B.; SIGURDSSON, B.D.; LINDROTH, A. Estimate of annual carbon balance of a young Siberian larch (*Larix sibirica*) plantation in Iceland. *Tellus* 59B, p. 891-899. 2007.
- BONNEVILLE, M.C.; STRACHAN, I.B.; HUMPHREYS, E.R.; ROULET, N.T. Net ecosystem CO₂ exchange in a temperate cattail marsh in relation to biophysical properties. *Agricultural and Forest Meteorology* 148, p. 69-81. 2008.
- BRITO, J.O.; TOMAZELLO FILHO, O.; SALGADO, A.L.B. Produção e caracterização do carvão vegetal de espécies e variedades de bambu. *Revista IPEF (Atual Scientia Forestalis)* 36, p. 13-17. 1987.
- BROWN, M.T.; ULGIATI, S. Energy evaluations and environmental loading of electricity production systems. *Journal of Cleaner Production* 10, p. 321-334. 2002.
- CAVALETT, O. Análise do ciclo de vida da soja. 221 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 2008.
- CHEN, X.; HUTLEY, L.B.; EAMUS, D. Carbon balance of a tropical savanna of Northern Australia. *Oecologia* 137, p. 405-416. 2003.
- CHRISTANTY, L.; MAILLY, D.; KIMMINS, J.P. "Without bamboo the land dies": Biomass, litterfall, and soil organic matter dynamics of a Javanese bamboo talun-kebun system. *Forest Ecology and Management* 87, p. 75-88. 1996.
- EMBAYE, K.; WEIH, M.; LEDIN, S.; CHRISTERSSON, L. Biomass and nutrient distribution in a highland bamboo forest in southwest Ethiopia: implications for management. *Forest Ecology and Management* 204, p. 159-169. 2005.
- GHELMANDI NETTO, L.; GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B.; BONILLA, S. H. Determinação das emissões e estoque de CO₂ em uma plantação comercial de bambu. 1st International Workshop | Advances in Cleaner Production, 2007. <Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/first>>
- GRUPO INDUSTRIAL JOÃO SANTOS. Bambu, do plantio à colheita – Manual do fazendeiro florestal. SINDIFLORA. p. 1-33. 2000
- HERENDEEN, R. Ecological Numeracy: quantitative analysis of environmental issues. John Wiley and Sons, Canada. 1998.
- INBAR – International Network for Bamboo and Rattan, 2008. Arquivo eletrônico: WATANABE, M. On the management of bamboo stands, with special reference to Japanese research. Disponível em: <<http://www.inbar.int/publication/txt/tr05/a9-2.html>>. Acesso em: 22.03.2008.
- ISAGI, Y.; KAWAHARA, T.; KAMO, K.; ITO, H. Net production and carbon cycling in a bamboo *Phyllostachys pubescens* stand. *Plant Ecology* 130, p. 41-52. 1997.
- KEITH, H.; RAISON, R. J.; JACOBSEN, K. L. Allocation of carbon in a mature eucalypt forest and some effects of soil phosphorus availability. *Plant Soil* 196, p. 81-99. 1997.
- MALHI, Y.; BALDOCCHI, D. D.; JARVIS, P. G. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant, Cell and Environment* 22, p. 715-740. 1999.
- PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L. Bambu de corpo e alma. Editora Canal 6. Bauru-Brasil, p. 1-235. 2007.

PELLIZZI, G. Use of Energy and Labour in Italian Agriculture. *Journal of Agriculture and Engineering Resources* 52, p. 111-119. 1992.

SAKAI, T.; AKIYAMA, T.; SAIGUSA, N.; YAMAMOTO, S.; YASUOKA, Y. The contribution of gross primary production of understory dwarf bamboo, *Sasa senanensis*, in a cool-temperate deciduous broadleaved forest in central Japan. *Forest Ecology and Management* 236, p. 259-267. 2006

SHANMUGHAVEL, P.; FRANCIS, K. Above ground biomass production and nutrient distribution in growing bamboo (*Bambusa bambos* (L) voss). *Biomass and Bioenergy* 10, p. 383-391. 1996.

VAN RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Instituto Agrônômico/Fundação IAC. p. 1-285. 1997.