

XV COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS - IBAPE/ SP

NATUREZA DO TRABALHO: PERÍCIA

Resumo:

O presente trabalho foi desenvolvido com a finalidade de avaliar o balanço ambiental pertinente a quantidade de dióxido de carbono (CO₂) emitido pelas atividades cotidianas de uma micro comunidade (condomínio residencial urbano de alto luxo), em relação à quantidade de carbono estocada em área interna deste condomínio, com o posterior cálculo da quantidade de árvores a serem plantadas, visando o pagamento ambiental desta atividade. Para o cálculo da biomassa utilizou-se o método indireto, e o valor encontrado para a biomassa total no condomínio foi multiplicado por 0,5 (MACDICKEN, 1997) para obter assim o total de carbono estocado nas árvores do condomínio. O trabalho serve ainda como modelo para cálculo de passivo ambiental do empreendimento. Pode ainda ser utilizado em contabilidade ambiental.

Palavras-chave: *Balanço, Emissão, Carbono, Neutralização, Biomassa.*

1. INTRODUÇÃO

O ritmo acelerado do desenvolvimento humano durante todo o século XX causou grandes mudanças físicas, químicas e geográficas no Planeta Terra.

Observam-se grandes impactos sobre as partes que compõem o planeta, tais como, mudanças climáticas, supressão da fauna e flora naturais, perda da biodiversidade, desertificação de áreas, poluição dos corpos d' água, modificações drásticas na topografia entre outros problemas que vem se acumulando durante o desenvolvimento desenfreado resultante do modo como a economia e a sociedade em geral foram organizadas.

Desde os anos 80, cientistas do mundo todo vêm alertando para um aquecimento anormal do planeta, fato confirmado em diversas pesquisas ao longo do globo.

Esse aquecimento global é o causador de diversos problemas citados. E o excesso de emissões dos gases causadores do efeito estufa (GEE) contribui para o agravamento do efeito estufa natural, (ODUM, 1983; LARCHER, 2000).

Dentre os gases GEE, o metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), além de água em estado gasoso, em suspensão na atmosfera, tem uma maior contribuição para o aumento do efeito estufa. A grande concentração desses gases na atmosfera atua como um cobertor térmico impedindo que o calor refletido em forma de ondas longas se dissipe após serem refletidas pela superfície terrestre.

Com a problemática vinda à tona líderes de todo o mundo se reuniram em Kyoto, no Japão, a fim de discutir problemas ambientais do planeta e dessa convenção mundial surgiu o Protocolo de Kyoto, sendo um acordo internacional de cooperação para a redução no nível de emissões de gases do efeito estufa, oriundo de países industrializados, e para garantir um desenvolvimento limpo dos países em desenvolvimento.

Essa necessidade pela busca do desenvolvimento limpo, a comunidade científica se mobilizou e tem desenvolvido diversas pesquisas com o intuito de minimizar as emissões dos GEE, estudar seus efeitos e como será o procedimento para a neutralização dos gases (GEE's).

Uma saída encontrada pela ciência nada mais é do que a forma mais natural em que o planeta terra equilibrava a concentração desses gases antes da intensa exploração dos recursos naturais que sustentaram a revolução industrial, eles se encontravam na forma de compostos orgânicos e não em altas concentrações na forma gasosa.

Segundo BROWN (1997) devido à atividade fotossintética, as florestas fixam carbono da atmosfera na forma de carboidratos, apresentando-se como parte da solução para o aumento do efeito estufa.

No Brasil, há poucas pesquisas sobre o auxílio das florestas principalmente nativas para minimizar os efeitos das mudanças climáticas, por meio do seqüestro de carbono.

Segundo PINHEIRO, E. S. (2006) pesquisas florestais são fundamentais, pois auxilia no desenvolvimento de estudos para mitigar as mudanças climáticas globais e permite compreender as relações entre a dinâmica (padrões de crescimento e mortalidade) e a variação de biomassa e estoque de carbono. Ainda, a regeneração florestal pode ser um importante mecanismo para o seqüestro de carbono da atmosfera. No Brasil, as principais pesquisas sobre seqüestro e estoque de carbono concentram-se na Amazônia, em áreas florestais e/ou ecótonos entre floresta e

cerrado. Os estudos relacionados à quantificação de estoque de carbono na Mata Atlântica e no Cerrado ainda são incipientes.

Percebe-se uma necessidade muito grande em entender essa relação entre emissão e seqüestro dos GEE's, assim, os estudos científicos que quantifiquem o carbono emitido por determinadas atividades humanas e o carbono fixado em árvores relacionadas a essas atividades são imprescindíveis para o entendimento desse balanço entre a emissão e a fixação de carbono.

Diante de tal questão, o presente trabalho tem por objetivo quantificar os GEE emitidos pelas atividades cotidianas de um condomínio habitacional urbano e a quantificação do carbono estocado dentro do mesmo, de forma a encontrar o balanço entre as emissões e o seqüestro dos GEE's, podendo assim avaliar a defasagem no plantio de espécimes florestais em relação à quantidade de GEE's emitidas pela atividade urbana nessa escala.

2. MUDANÇA DO CLIMA GLOBAL

2.1 EFEITO ESTUFA

Noventa e nove por cento da atmosfera terrestre é composta predominantemente de nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2) e argônio (Ar). Se houvesse apenas esses três gases na atmosfera, a temperatura média da Terra seria inferior a zero grau centígrados e os oceanos seriam congelados. Entretanto, a presença de outros gases (1%) impede parte da transmissão de calor da atmosfera para o espaço exterior, aumentando a sua temperatura. Esse controle natural de temperatura terrestre é conhecido como efeito estufa (CAMPOS, 2001).

Segundo CAMPOS (2001), os gases responsáveis pelo efeito estufa são denominados gases de efeito estufa – GEE. Estes geralmente são compostos de moléculas que se encontram naturalmente na atmosfera e os mais importantes são dióxido de carbono (CO_2); vapor de água (H_2O); metano (CH_4); ozônio (O_3) e óxido nitroso (N_2O).

O vapor de água é o mais importante gás natural causador do efeito estufa devido a sua abundância, mas o papel das suas emissões de origem antropogênica é menos importante. O CO_2 é o segundo gás de efeito estufa em importância.

O efeito estufa funciona da seguinte forma, a energia da radiação eletromagnética emitida pelo sol atinge a atmosfera, principalmente na forma de radiação luminosa, e uma parte menor de infravermelho e ultravioleta. Parte da radiação é refletida pela atmosfera, parte é absorvida e outra parte atravessa a atmosfera, alcançando a superfície terrestre. A superfície terrestre reflete a parcela da radiação eletromagnética de ondas luminosas e absorve outra parcela. As radiações absorvidas participam de processos físicos e sua energia transforma-se, resultando ao final na emissão pela Terra de calor, sob forma de radiação térmica (ondas longas). O calor irradiado pela Terra se dirige ao espaço, porém parte dele é aprisionada na atmosfera, devido à presença dos causadores do efeito estufa – GEE.

Quanto maior a concentração dos GEE, maior é a retenção de calor e maior será o aquecimento da atmosfera. O efeito estufa existe a bilhões de anos, possibilitando a vida terrestre na forma conhecida. Caso não existisse o efeito estufa natural, a temperatura média da superfície da Terra situar-se-ia na faixa de $-18^\circ C$. A temperatura média global da superfície da Terra com a presença de efeito estufa é de $15^\circ C$ (CAMPOS, 2001).

O vapor de água em torno de 60-70% é um fator dominante na atmosfera

terrestre. As nuvens também têm outro papel importante no equilíbrio térmico do planeta. Elas refletem parte da radiação solar de volta para o espaço pelas superfícies brancas, promovendo um efeito contrário ao dos gases causadores do efeito estufa. Em termos gerais, as nuvens têm um efeito de resfriamento.

O efeito estufa começou a alarmar a comunidade científica porque a concentração dos gases de efeito estufa está aumentando rapidamente na atmosfera devido às emissões antrópicas (GORE, 2006). Algumas atividades antrópicas estão aumentando as concentrações dos GEE na atmosfera. Além disso, existem outros gases passaram a acentuar o efeito estufa, sendo os principais: hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), hidroclorofluorcarbonos (HCHFCs), entre outros (CAMPOS, 2001).

Nos últimos 150 anos, as concentrações de CO₂ aumentaram cerca de 28%, as concentrações de metano (CH₄) mais que dobraram e as concentrações de óxido nitroso (N₂O) aumentaram cerca de 15%. As concentrações de dióxido de carbono tiveram um aumento de 31% desde 1750. As concentrações presentes são maiores que as dos últimos 420.000 anos e provavelmente maiores que as dos últimos 20 milhões de anos (confiabilidade de 60-90%) (CAMPOS, 2001).

As épocas quentes das oscilações têm se tornado mais freqüentes e intensas desde a metade da década de 70, comparado com os 100 anos anteriores. Nos próximos 100 anos podem ocorrer mudanças climáticas regionais, incluindo temperaturas elevadas, invernos mais quentes, um ciclo hidrológico global médio exacerbado, alterações na biodiversidade e no ciclo de carbono.

2.1.1 CICLO DO CARBONO

O ciclo global do carbono é composto por vários ciclos simples, sendo o mais importante o da fotossíntese-respiração e está intimamente ligado com as plantas, animais e bactérias (biosfera).

O CO₂ ocorre no ar atmosférico em pequena proporção, cerca de 0,03% em volume, onde desempenha função fundamental com referência ao crescimento dos vegetais. Plantas assimilam o CO₂ na biomassa, liberando o oxigênio (O₂). Este processo é chamado de fotossíntese, onde a luz é essencial para sintetizar biomassa (CAMPOS, 2001).

A respiração é o principal processo complementar da fotossíntese. Neste processo, a biomassa reage com o O₂, liberando CO₂ e energia. E através deste processo que seres vivos como: animais, plantas e outros organismos se mantêm vivos.

Dois outros processos são semelhantes à respiração: a decomposição e combustão. A decomposição é a respiração, principalmente, das bactérias e fungos enquanto digerem a matéria morta. A combustão de matéria orgânica segue o mesmo caminho da respiração, onde as enzimas são substituídas pelo calor para acelerar o processo que libera energia e CO₂ (CAMPOS, 2001).

A quantidade de CO₂ está aumentando na atmosfera, o que acarreta em alterações climáticas. Este aumento tem ligações com a queima de combustíveis fósseis e com a mudança no uso da terra, principalmente o desmatamento.

2.1.1.1 SUMIDORES DE CARBONO

As florestas em crescimento absorvem o CO₂ da atmosfera, vindo a armazenar carbono em sua biomassa através da fotossíntese. Essa ação recebe o nome de “seqüestro de carbono”, que nada mais é que a remoção de CO₂ (por ecossistemas marinhos ou terrestres), vindo a reduzir as concentrações de CO₂ na

atmosfera. Esse fato tende a agregar valor às florestas. Esse carbono retido pode vir a ser comercializado (crédito de carbono)

O seqüestro de carbono não é substitutivo para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, mas o aumento e manutenção das florestas são meios eficientes de reduzir as concentrações de CO₂ na atmosfera.

2.2 MUDANÇA DO CLIMA

Vários estudos têm mostrado que a concentração de CO₂ e a temperatura da atmosfera variaram conjuntamente, mas últimas dezenas de milhares de anos, reforçando a preocupação de que o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera pode provocar mudanças climáticas.

A mudança no clima está relacionada ao aquecimento global, onde é a consequência mais provável do aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera, gerando temperaturas médias mais altas na superfície terrestre. O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera coincide com a industrialização da sociedade humana e existem boas evidências para indicar que é causada pelas emissões crescentes de CO₂ das atividades humanas.

A taxa de acréscimo nas concentrações durante o século passado tem persistido e é cada vez maior do que durante qualquer outro período do último milênio. Esta taxa de mudança pode ser explicada pelo efeito acumulativo das emissões da queima dos combustíveis fósseis, da mudança no uso da terra e da respostas dos oceanos e da biosfera a esta perturbação antrópica (CAMPOS, 2001).

A temperatura média do Planeta Terra poderá aumentar entre 1,5°C e 6°C até 2100. Para países como Holanda, esse elevação traria consequência desastrosas, como perda de áreas agricultáveis, salinização de fontes de água doce e necessidade de remoção de milhões de pessoas que hoje vivem em áreas no nível do mar (LIMA, 2002).

Em respostas às diversas evidências científica sobre a possibilidade de mudança do clima, o Programa das Nações Unidas para o Meio ambiente (PNUMA) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) criaram o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima – IPCC, em 1988. O IPCC é o órgão responsável em fornecer informações sobre a ciência, os impactos e a economia, além de opções para mitigação e adaptação, da mudança do clima. O trabalho do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima representa o consenso da comunidade científica na ciência da mudança do clima. Ele é reconhecido como a fonte mais confiável de informação sobre mudança do clima e suas causas.

Atualmente há um consenso científico a respeito da contribuição das atividades humanas, principalmente após a revolução industrial, para a elevação da temperatura do planeta. As consequências reais ainda são desconhecidas, mas os primeiros sinais já são perceptíveis, por exemplo, o aumento da frequência de ondas gigantes no oceano Atlântico (CAMPOS, 2001).

2.2.1 FLORESTAS E A MUDANÇA DO CLIMA

As florestas contribuem para a estabilidade ambiental, por exemplo, com a mitigação das temperaturas extremas, aumentando as precipitações regionais e prevenindo a erosão e deterioração do solo e têm papel fundamental no ciclo do carbono: elas contribuem o maior reservatório de carbono de todos os ecossistemas terrestres e funcionam em muitos casos como sumidouros.

Muitas florestas foram perturbadas no passado e estão se regenerando, com absorções líquidas de carbono atmosférico. Estas florestas atuam como importantes

sumidouros. Estudos realizados em florestas boreais comprovaram que existe uma taxa líquida de absorção de carbono nestas florestas. Porém, esta absorção é compensada pelo derretimento dos solos congelados e suas conseqüentes emissões de carbono orgânico do solo devido ao aquecimento global (LIMA, 2002).

Dada à complexidade, integração das florestas com a mudança do clima, existem importantes mecanismos que podem mitigar a mudança do clima, como: reduzindo o desmatamento de florestas existentes e prevenindo a perda de carbono das florestas; aumentando as áreas de florestas estabelecidas em áreas não florestadas; conservando o aumentando o tamanho dos sumidouros de carbono e reservatórios na vegetação terrestre e solo; aumentando o tamanho dos estoques de carbono em produtos florestais e florestas; e substituindo combustíveis fósseis por combustíveis renováveis de base florestal.

A mudança do clima irá afetar os ecossistemas florestais de diversas formas. O impacto mais aceito é resultado do aumento da temperatura e da mudança nos padrões de chuvas e umidade. Outros fatores incluem a mudança nos regimes de secas e tempestades, maior velocidade dos ventos, maiores incidências de incêndios, fertilização de dióxido de carbono, aumento nos padrões de pestes e doenças, etc. (LIMA, 2002).

Pelo menos um terço das florestas do mundo estão sujeitas aos impactos da mudança do clima. Mudanças climáticas induzirão alterações na composição de espécies, na taxa de decomposição e no volume de biomassa. Algumas florestas irão deslocar suas fronteiras geograficamente, caso existam condições ideais e a migração não for bloqueada pela agricultura e outros fatores, caso contrário, a mudança do clima poderá gerar uma destruição em grande escala das florestas.

A conseqüência desta rápida migração das florestas está relacionada com a reprodução das árvores e as taxas de migração das áreas estressadas pela mudança do clima. Espécies de crescimento lento não têm capacidade de migração com as espécies de rápido crescimento. O resultado será uma aceleração da ameaça que já tem ocorrido por outras formas de interferências humana, a substituição de florestas ricas em espécies por florestas ais simples e pobres (CAMPOS, 2001).

As taxas de fotossíntese, respiração das plantas, decomposição e freqüência do fogo são afetadas por fatores climáticos como luz solar, temperatura e chuvas. Variações interanuais no clima causam a maioria das variações interanuais na intensidade de absorção de carbono terrestre.

Com o aquecimento global, os incêndios deverão ser cada vez mais freqüentes e intensos nas áreas florestais. A redução dos estoques de carbono devido aos incêndios florestais precisa ser considerada. Entretanto, os impactos dos incêndios florestais não devem ser superestimados; sob condições naturais, a regeneração pode restabelecer os níveis de carbono anteriores.

Estudos indicam que o aumento da concentração atmosférica de CO₂, causa um aumento nas taxas de fotossíntese das plantas, aumentando sua capacidade de absorção de carbono, possibilitando uso mais eficiente da água e aumentando o carbono estocado na biomassa. Este processo é conhecido por fertilização de CO₂ (CAMPOS, 2001).

Ao contrário do efeito da fertilização de CO₂, o aquecimento global promoverá o lançamento de carbono pelo aquecimento dos solos. A aceleração deste processo tem uma retroalimentação positiva no ciclo do carbono. No momento

em que as florestas boreais passarem a perder suas características de clima frio, onde possuem altos estoques de carbono por hectare, diminuirá sua capacidade de estocar carbono no solo, liberando CO₂, contribuindo ainda mais para o efeito estufa.

No Brasil, o desmatamento está aumentando sua vulnerabilidade diante as variações climáticas. Usando modelos climáticos, pesquisadores modelaram as conseqüências regionais da mudança no uso da terra e de floresta para pastos. Os resultados foram considerados incertos, mas eles sugerem que a temperatura da superfície poderá se elevar entre 1°C e 3°C e as chuvas poderão diminuir entre 20-30% (CAMPOS, 2001).

2.3 PROTOCOLO DE KYOTO

Em dezembro de 1997, a Conferência das Partes se reuniu pela terceira vez em Quioto, Japão, com o objetivo de adotar um possível protocolo, ou instrumento jurídico equivalente, contendo obrigações mais rigorosas para o engajamento dos países desenvolvidos no esforço às causas da mudança do clima resultantes da ação humana. Essas obrigações deverão direcionar esforços relativos à Convenção nesses países no início do século XXI (CAMPOS, 2001).

Foi firmado então, o Protocolo de Quioto, segundo o qual as partes da Convenção do Clima reduziriam suas emissões combinadas de gases de efeito estufa em 5,2%, em média, sobre os valores registrados nos períodos de 2008 a 2012.

Este instrumento reafirma o princípio das responsabilidades comuns, mas diferenciadas, exonerando os países em desenvolvimento de qualquer obrigação de reduzir suas emissões, em razão das suas necessidades de desenvolvimento econômico e social (LIMA, 2002).

3. INVENTÁRIO FLORESTAL

O inventário florestal é a base para o conhecimento e planejamento da utilização dos recursos florestais, através dele é possível a caracterização de uma determinada área e o conhecimento e planejamento da utilização dos recursos florestais, através dele é possível o levantamento de informações relativas a um determinado povoamento florestal, de caráter quantitativo ou qualitativo, onde as informações podem ser utilizadas em cálculos para a estimativa de valores como: volume de madeira, área basal, biomassa, número de espécies, etc.

Os primeiros estudos de medição de árvores e povoamentos, da forma das árvores das diferentes espécies florestais, os métodos para quantificação do volume, assim como os estudos de crescimento e produção datam do século XVIII. No entanto, ainda hoje o tema é envolvente, com uma série de pesquisadores e cientistas envolvidos no desenvolvimento de novas técnicas de medição e quantificação da variável diâmetro, altura e volume e mais recentemente peso, principalmente peso seco e nos múltiplos produtos da madeira que as árvores e os povoamentos podem propiciar. Também os estudos de crescimento e produção têm apresentado grandes evoluções nas últimas décadas, principalmente à modelagem da estrutura diamétrica das florestas plantadas sujeitas ou não a prática do desbaste e da poda e também das florestas nativas, sejam ou não de composição variada em espécies e idade, e sujeitas ou não a regimes de manejo.

O inventário realizado para obtenção de dados para o trabalho, constituiu em um censo, ou seja, um inventário onde foram efetuadas medições em 100% dos indivíduos arbóreos presentes no condomínio. Essas medições levantaram os dados

de espécie, CAP (Circunferência a Altura do Peito = 1,5 m) e altura de cada árvore.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCAL

O trabalho foi desenvolvido no Condomínio Residencial Parque dos Araçás, situado em município do interior do Estado de São Paulo. O condomínio está localizado a 9 km do ponto central da cidade, e é considerado “residencial de alto luxo”.

A região do condomínio estudado está a uma altitude de 390 metros, possuindo um clima classificado com Aw, segundo o sistema internacional de Köopen. O solo da região do entorno é classificado com Latossolo Vermelho amarelo, distrófico, álico. Como vegetação predominante, temos o bioma mata atlântica.

É dotado de um pomar (formado por diversas espécies de árvores frutíferas), um pequeno reflorestamento de espécies nativas e diversas espécies exóticas. Ainda possuindo árvores dispostas ao longo das ruas, avenidas e passeios para pedestres, sendo em sua grande maioria árvores com efeitos paisagísticos e arborização urbana, tais como: Ipê (*Tabebuia sp.*), Palmeiras ornamentais (*Cocos nucifera* L, *Hyophorbe lagenicaulis*), Acácias (*Cássia sp.*), Quaresmeira (*Tibouchina granulosa Cogn.*), Monguba (*Pachira aquatica Aubi.*), Guapuruvu (*Schizolobium parahyba (Vell.) Blake*), Calistena (*Callistemon lanceolatus*), Pau - ferro (*Caesalpinia ferrea leitostachya*), etc.

4.2 METODOLOGIA

Para a medição de altura foi utilizada uma vara telescópica graduada em metros, sendo um método determinístico, da qual consiste em encostar a vara telescópica no indivíduo, seguindo-se pela leitura visual e para a mediação do CAP foi utilizada uma fita métrica, da qual forneceu informações sobre o perímetro do círculo.

As árvores medidas tinham seus dados anotados em uma planilha de campo e em seguida recebiam uma numeração feita em cartões de PVC, iniciando de 1 à “n” (Anexo 1), após os mesmos dados foram processados em laboratório.

Para os cálculos é necessário a utilização do DAP (Diâmetro a Altura do Peito), que pode ser determinado a partir do CAP como demonstrado pela equação 1.

Equação 1:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Sendo:

DAP = Diâmetro a altura do peito.

CAP = Circunferência a altura do peito.

Obteve-se assim o DAP de cada árvore presente no condomínio e com isso pode-se calcular o volume de madeira de cada árvore, determinado pela equação 2.

Equação 2.

$$V = \frac{\pi(DAP)^2 \times h}{40.000}$$

4.3 CÁLCULO DE BIOMASSA

O cálculo da biomassa pode ser realizado de duas formas, pelo método direto ou o indireto.

4.3.1 MÉTODO DIRETO

O método direto consiste em um método destrutivo, ou seja, para a determinação da biomassa, são alocadas parcelas ao longo da área de interesse, onde as partes integrantes das árvores são cortadas e pesadas, obtendo assim a biomassa nas parcelas, depois os dados obtidos são extrapolados para a área toda.

Esse método apesar de maior precisão é muito custoso e demanda muito tempo para a realização da quantificação de biomassa, tornando inviável a sua utilização para determinados projetos, principalmente os projetos com finalidade de conservação de áreas de relevante interesse ecológico.

4.3.2 MÉTODO INDIRETO

O método indireto consiste na utilização de equações alométricas, que são equações de análise dimensional, que relacionam as dimensões de diferentes partes de um mesmo organismo e a manutenção da razão relativa de crescimento.

As equações alométricas ajustadas para a determinação da biomassa são de fácil aplicação, pois utilizam dados facilmente coletados em inventário florestal, dados de Diâmetro a Altura do Peito (DAP) e Altura (H).

As variáveis DAP e H são substituídas nas equações alométricas obtendo a biomassa da parte aérea das árvores inventariadas.

Desta forma o método indireto consiste em um método conservacionista, pois as variáveis medidas são obtidas com a árvore em pé, o que torna o método indicado para áreas de relevante interesse ecológico.

4.3.3 EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS ¹

Para a realização do trabalho foi utilizado o método Indireto, por tratar-se de uma área pequena e pelo caráter informativo ecológico do trabalho, os autores não acham necessária a utilização de métodos destrutivos para a determinação da biomassa, sendo selecionado o método indireto.

Inúmeras equações alométricas para a quantificação de biomassa podem ser encontradas na literatura, algumas são específicas para determinados biomas, outras são de ordem mais genérica.

Como o trabalho foi realizado em área urbana, não foi encontrada em toda a literatura consultada nenhuma equação alométrica ajustada para espécies presentes em área urbana. O que é explicado pela grande diversidade entre espécies presentes em cada cidade, bem como a diversidade do país de origem dessas espécies.

A solução encontrada pelos autores foi a utilização de diversas equações encontradas na literatura, tendo a biomassa calculada por cada uma delas. Para o cálculo da biomassa final foi realizada a média aritmética entre as equações selecionadas.

4.3.3.1 EQUAÇÕES ALOMÉTRICAS UTILIZADAS

Para o cálculo de biomassa foram utilizadas apenas os dados de árvores com DAP > 5 cm, visando o aumento na precisão das equações.

As equações alométricas utilizadas para o cálculo da biomassa estão relacionadas aos respectivos autores abaixo:

Equações 3 – NELSON *et al.* (1999), ALVES *et al.* (1997) e SALDARRIAGA *et al.* (1988).

$$3.1 B = 0,749 (DAP^{2,011})$$

¹ Alometria = Mensuração do crescimento relativo de uma parte em relação ao organismo por inteiro, ou a um padrão.

$$3.2 \ B = \exp(-1,966 + 1,242 \ln(DAP^2))$$

$$3.3 \ B = \exp(-2,059 + 1,256 \ln(DAP^2))$$

$$3.4 \ B = \exp(-0,906 + 1,177 \ln(DAP^2 d))$$

$$3.5 \ B = \exp(-1,192 + 1,229 \ln(DAP^2 d))$$

Onde:

DAP = diâmetro à altura do peito (cm),

B = biomassa aérea (peso seco) (kg/árvore),

d = densidade da madeira (0,53 g cm⁻³) (UHL *et al* 1988).

Equação 4 - UHL *et al.* (1988).

$$\ln B = -2,17 + (1,02 \ln(DAP^2)) + (0,39 (\ln ALTURA))$$

Onde:

B = Biomassa (Peso seco)

DAP = Diâmetro a Altura do Peito

Equação 5 – CHAMBERS *et al.* (2001).

$$\ln B = -0,370 + 0,333 \ln(DAP) + 0,933 ((\ln DAP)^2) - 0,122 ((\ln DAP)^3)$$

Onde:

B = biomassa

DAP = Diâmetro a Altura do Peito

Equações 6 - BROWN *et al.* (1989).

$$6.1 \ B = 38,4908 - (11,7883 DAP) + (1,1926 (DAP^2))$$

$$6.2 \ B = 0,044 ((DAP^2 ALTURA)^{0,9729})$$

$$6.3 \ B = 0,0899 (DAP^2 ALTURA d)^{0,9822}$$

$$6.4 \ B = 42,69 - 12,800 DAP + 1,242 (DAP^2)$$

$$6.5 \ B = \exp(-2,134 + 2,530 \ln(DAP))$$

$$6.6 \ B = \exp(-2,4090 + 0,9522 \ln(DAP^2 ALTURA d))$$

$$6.7 \ B = \exp(-3,1141 + 0,9719 \ln(DAP^2 ALTURA))$$

Onde:

B = biomassa aérea

DAP = Diâmetro a altura do Peito

d = densidade da madeira (0,53 g/ cm³), (Uhl *et al* 1988)

Equação 7 - NELSON *et al* (1999).

$$\ln B = -1,9968 + 2,1428 (\ln DAP)$$

Onde:

B= biomassa

DAP= Diâmetro a Altura do Peito

4.3.4 CÁLCULO DE BIOMASSA ATRAVÉS DO VOLUME

Foi, ainda, calculada a biomassa através do volume total para efeito comparativo, onde se pôde avaliar a validade da equação, de modo que o resultado em biomassa não contivesse outliers.

O peso da biomassa foi determinado multiplicando-se o volume obtido para cada árvore pela respectiva densidade da madeira, obtida na literatura, as árvores onde não foram encontrados dados sobre a densidade adotou-se a média entre todas as densidades encontradas.

Com a utilização desse método, quantificou-se apenas a biomassa encontrada no tronco das árvores. Então as diferenças entre o resultado encontrado pela quantificação através do volume e o encontrado pelas estimativas das equações alométricas são normais. A comparação foi útil no descarte de algumas equações com resultados muito distintos que elevaram ou subestimaram a

quantidade de biomassa em centenas de toneladas.

4.3.5 CÁLCULO DE CO₂ EMITIDO

Para o cálculo do carbono emitido no condomínio as informações para os cálculos foram levantadas mediante a um censo realizado junto aos moradores e funcionários do condomínio.

Onde foram levantados os dados de cada residência, sendo o total de 79 residências, sob a quantidade de veículos, quilometragem diária rodada, consumo de energia elétrica mensal, quantidade de botijões de gás mensais.

A emissão de CO₂ para o consumo de água não foi analisada.

O cálculo realizado tende a subestimar os cálculos de emissões reais, pois os autores entendem que a complexidade da relação de Atividades Humanas : Emissão de Poluentes é muito maior do que a apresentada no cálculo, tendo sua quantidade firmemente relacionada com o padrão de vida e grau de instrução de cada micro comunidade a ser estudada.

Como os cálculos foram voltados para as atividades cotidianas, os dados levantados foram as emissões constantes e diárias mais evidentes.

Com o levantamento das informações, as mesmas foram processadas utilizando calculadoras de emissão de CO₂, disponíveis em sites de internet relacionados com o tema. Com isso foi obtida a quantidade total de CO₂ emitida para as atividades cotidianas avaliadas no condomínio.

4.4 INVENTÁRIO

O inventário apresentou como resultado a presença de 1.156 árvores, totalizando 84 espécies diferentes, tais como: *Anacardium occidentale* L, *Schinus molle*, *Michelia champaca*, *Myroxylon peruiferum* L.f., *Sparattosperma leucanthum* (Vell.) Schum, *Mangifera indica* L , *Eugenia uvalha*, *Cedrela fissilis* Vell, *Psidium rufum*, *Corypha umbraculifera* L., *Jacaranda mimosaeifolia*, D. Don, *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake , *Myrcia cauliflora* Berg, *Melia Azedarach* L., *Morus nigra* L., *Lagerstroemia indica* Lam., *Callistemon lanceolatus*, *Inga uruguensis*, *Erythrina falcata* Benth., *Koelreutera paniculata*, *Cariniana estrellensis*, *Terminalia kuhimannii* Alwan & Stace, *Psedobombax grandiflorum*, *Hymenala stignocarpa*, *Senna spectabilis* (DC.) Irwin et Barn. Var, *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Carica papaya* L., *Acacia mangium*, *Areca vestiaria* Giseke, *Pachira aquatica* Aubi., *Tabebuia nodosa* (Griseb) Griseb., *Eugenia stilitata*, *Cupressus sempervirens*, *Citrus aurantium* L., *Ficus carica* L., *Hyophorbe lagenicaulis* (L. H. Bailey) H. E. Moore , *Pinus Taeda*, *Hovenia dulcis*, *Punica granatum* L, *Cocos nucifera* L., *Citrus limon*, *Tibouchina granulosa* Cogn., *Terminalia catappa* , *Murraya exótica*, *Eucalyptus citriodora*, *Chorisia speciosa*, *Anona muricata* L., *S. cytherea* Sonn, *Syzygium jambolanum* DC, *Muntingia calabura* L., *Syagrus romanzoffiana*, *Syzygium cumini*, *Licania tomentosa*, *Caesalpinia peltophoroides* Benth., *Parapiptadenia rígida*, *Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf., *Genipa americana* L., *Caesalpinia echinata* Lam., *Ficus guaranitica* Schodat, *Tamarindus indica* L., *Artocarpus heterophyllus*, *Prunus pérsica*, *Pyrus communis* L., *Malus* sp., *Macadamia integrifolia* Maid. & Bet., *Castanea vesca* Gaertn., *Eugenia uniflora* L., *Manilkara achras* Mill. (Folsberg) L., *Diospyros kaki* L., *Eriobotrya japonica* , *Annona cherimola* Mill., *Cassia fistula*, L, *Psidium guajava* L., *Ficus carica* L., *Persea americana* Mill., *Castanea vesca* Gaertn., *Mangifera indica* L, *Araucaria angustifólia*, *Cassia javanica*, *Malpighia glaba* Linn., *Spondias purpurea*, L, *Bauhinia longifolia* (Bong.) Steud., *Caesalpinia ferrea leitostachya*, *Tabebuia*

heptaphylla, *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex DC.) Standl., *Erythrina falcata* Benth., *Rollinia sericea* (R.E. Fries) R. E. Fries.

Como citado, as alturas e diâmetros de todos os indivíduos foram anotados e utilizados nos cálculos para a obtenção da biomassa total.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. QUANTIDADE DE BIOMASSA PARTE AÉREA

Através das equações alométricas citadas, foi obtido o total de biomassa em cada equação.

O resultado encontrado pode ser observado na tabela 1.

Equações	Total (TON)
4.1	263,1327
4.2	292,6722
4.3	297,9783
4.4	240,925
4.5	262,5086
5	97,4968
6	267,6357
7.1	280,6481
7.2	97,7347
7.3	88,9289
7.3	287,5936
7.5	296,9823
7.6	78,8429
7.7	88,934
8	77,0587
Cálculo (Volume x Densidade)	124,439
Total	3.019,07
Média	201,2715

Tabela 1 – Resultados obtidos para cada equação alométrica, pelo cálculo (Volume x Densidade) e Média da Biomassa encontrada para o condomínio.

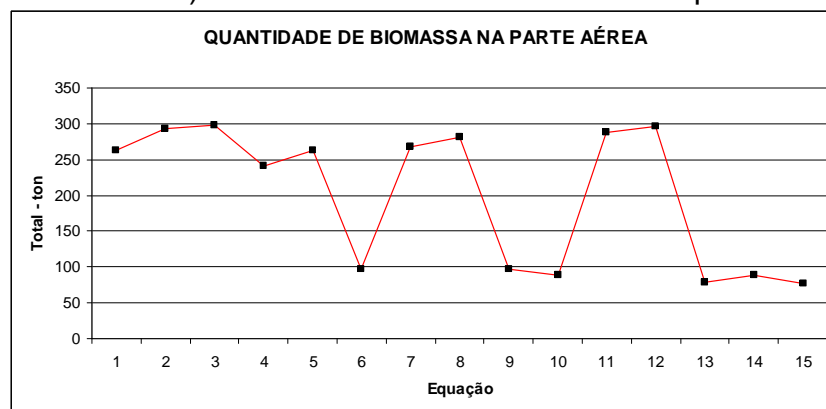


Tabela 1.1: gráfico comparativo.

Pela tabela, pode-se notar que algumas equações divergiram bastante entre as estimativas de biomassa, tanto para mais quanto para menos do referencial adotado (Cálculo Volume x Densidade (CVD)). O resultado pode ser explicado pelo

caráter locacional de cada equação, ou seja, as equações são apropriadas para determinados biomas, que possuem espécies e taxas de crescimento específicas.

Procurando-se sanear as amostras, utilizando para tanto do Critério de Chauvenet:

Nº de elementos amostrados	15
Coefficiente Tabelado (C):	1,34
Intervalo (CxS)	129,78
	331,05
Limites de Intervalo = $X \pm S \times C$	71,49

Não há elementos a serem excluídos

Somatória Saneada	3.019,07
Nº Final de Elementos	15
Média Aritmética Saneada	201,27

No entanto se pode notar que a média entre as equações, não difere muito da encontrada no CVD, lembrando que no CVD é estimada apenas a biomassa contida no tronco das árvores, o que pode explicar a diferença entre o encontrado na média das equações e o encontrado no CVD.

Então a metodologia utilizada se mostrou eficiente dentro dos limites de uma estimativa, de tal maneira que a estimativa da biomassa mesmo utilizando-se equações alométricas de diferentes biomas consistiu em uma estimativa que pôde ser empregada na quantificação da biomassa para esse caso.

5.1.1. CÁLCULO DE BIOMASSA TOTAL (AÉREA + SUBTERRÂNEA)

Para o cálculo da Biomassa total adotou-se a equação 8, de estimativa de ROOT / SHOOT segundo CAIRNS *et al.* (1997):

Equação 8.

$$BT = (B + \exp(-1,085 + 0,926 \ln(B)))$$

Onde:

BT = biomassa total (kg/ha);

B = biomassa aérea (kg/ha);

A biomassa total encontrada foi de **232,440348 Toneladas**.

5.2. CÁLCULO DE CO₂

Como os cálculos foram voltados para as atividades cotidianas, os dados levantados foram as emissões constantes e diárias mais evidentes.

O resultado do censo realizado no condomínio está exposto pelas tabelas 2 a 5.

Veículo	Carros	Motos	Trator	Caminhões
Moradores	158	16	-0-	-0-
Prestadores de Serviço	25	30	-0-	15
Veículos do Condomínio e Funcionários	5	6	1	-0-
Quilometragem Diária	6.038	1.218	20	375

Tabela 2 – Quantidade diária de Veículos e quilometragem rodada nas atividades cotidianas do condomínio.

Energia Elétrica Consumida	(R\$)	R\$/ano	R\$/Kwh	KWh/ano
Moradores	43.450,00	521.400,00	0,523263	996.440,56

Condomínio	3.420,00	41.040,00	0,523263	78.430,99
Total	46.870,00	562.440,00	0,523263	1.074.871,56

Tabela 3 – Energia Elétrica consumida (por moradores funcionários, manutenção e funcionamento do condomínio (iluminação, limpeza, etc)).

Quantidade	Emissão de CO ₂ (Kg)
Gás Natural gás, 160 kg/mês	10.20 t CO ₂ e por ano

Tabela 4 – Quantidade de gás consumido mensalmente por moradores e condomínio.

Os dados coletados foram submetidos às calculadoras de CO₂, que acusou os seguintes resultados expostos pela tabela 5:

Emissores	Ton CO ₂ e por ano	Total de Árvores/Ano
Automóveis: Gasolina (<=1.4-2.1 L engine), 6038 km/dia	411,19	2.056
Motocicletas: Gasolina, 40,6 L /dia	34,25	171
Gás Natural: 160 therms por mês	10,2	51
Electricidade: 1074871,56 kWh por ano	425,41	2.127
Trator/Caminhões: Diesel Car (>2.0 L engine), 395 km/dia	27,80	139
TOTAL	908,85	4.544

Tabela 5.

5. 3. BALANÇO DE CO₂

O balanço foi realizado subtraindo-se o volume de carbono estocado no condomínio, pela quantidade de CO₂ emitida anualmente.

A emissão anual de CO₂ foi obtida multiplicando-se o volume mensal encontrado por 12, e a quantidade de carbono estocada foi calculada como sendo 50% da quantidade de Biomassa Total (BT) encontrada (MACDICKEN, 1997).

Quantidade Total de CO ₂ Estocada (TON)	116,22
Quantidade Total de CO ₂ Emitida Anual (TON)	908,85
Balanço (TON)	-792,63

Tabela 6 - Balanço entre CO₂ fixado e CO₂ emitido.

Pela tabela nota-se que há um déficit anual entre a quantidade de CO₂ estocada e a emitida pelas atividades do mesmo. Mesmo havendo a ciência de que, com o crescimento da várias das espécies plantadas no condomínio deverá haver um balanço de carbono mais positivo com o passar do tempo, e mesmo sabendo-se que a emissão de carbono por caminhões diminuirão sensivelmente ao tempo que as obras civis necessárias para edificação de todos os lotes do condomínio forem se finalizando, utilizou-se da equação 9 para quantificação de árvores à serem plantadas anualmente para a neutralização do CO₂ emitido:

Equação 9.

$$\text{Nº de Árvores} = \text{Balanço} \times 5,0 \text{ árvores/ton CO}_2 \text{ Emitida Anual}$$

Destarte, o resultado encontrado para o déficit de árvores a serem plantadas para a neutralização do carbono oriundo de atividades cotidianas para esse ano seria de 3.964 árvores.

6. CONCLUSÕES

A utilização da média entre várias equações alométricas para a estimativa de

biomassa, mesmo que de diferentes locais e diferentes autores apresentou um resultado satisfatório.

As atividades humanas mesmo que corriqueiras têm um impacto muito grande nas emissões de gases causadores do efeito estufa.

A principal fonte de emissões constantes de CO₂ dentro das atividades cotidianas da micro comunidade estudada (Condomínio Residencial, urbano, alto luxo), está relacionada aos meios de transporte utilizados pelas pessoas que compõem a micro comunidade, além de prestadores de serviços e equipamentos de trabalho (manutenção de jardins, retirada de lixo, transporte interno, e segurança interna).

O modelo apresentado se demonstra eficiente para o que se propõe ou seja, mensuração de passivo ambiental por ações antropológicas em condomínio residencial urbano.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ✓ ALVES, D.S., J.V. Soares, S. Amaral, E.M.K. Mello, S.A.S. Almeida, O.F. Silva, A. Silveira, 1997. Biomass of primary and secondary vegetation in Rondonia, western brazilian amazon. *Global Change Biology*, **3**: 451-461.
- ✓ BROWN, S. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. United Nations Rome: Food and Agriculture Organization (FAO). Forestry Paper – 134. 1997, 82 p. Disponível em:
<http://www.fao.org/docrep/W4095E/W4095E00.htm> Acesso em: 01 de ago. de 2007.
- ✓ BROWN, S., GILLESPIE, A. J. R., LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropica applications to forest inventory data. *Forest Science*, v.35, p.881-902, 1989.
- ✓ BROWN, S. GASTON, G. & DANIELS, R. 1996. Tropical Africa: Land
- ✓ Use, Biomass, and Carbon Estimates for 1980. ORNL/CDIAC-92, NDP-055. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge NationalLaboratory, Oak Ridge, Tennessee.
- ✓ CAMPOS, C.P. Conservação das florestas no Brasil, mudança do clima e o mecanismo de desenvolvimento limpo do Protocolo de Quioto, p. 181, 2001.
- ✓ CHAMBERS, J.,Q. Santos, J., Ribeiro, R.J., Higuchi, N. Tree damage, allometric relationships, and above-ground net primary production in central Amazon forest. *Forest Ecology and Management*, v.152, p. 73-84, 2001.
- ✓ HIGUCHI, N., J. dos Santos, R.J. Ribeiro, L. Minette e Y. Biot.. Biomassa da Parte Aérea da Vegetação da Floresta Tropical Úmida de Terra-firme da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica*, v.28, n. 2, p.153-166. 1998.
- ✓ <<http://www.ambiente.sp.gov.br> . Acesso 02 de Ago. de 2007.
- ✓ < http://www.aracruz.com.br/doc/pdf/amb_mudancas_relatorio_030506.pdf>
- ✓ Estimativa da biomassa e estoque de carbono em áreas de nativas da Aracruz (2006). Acesso: 04 Ago. de 2007
- ✓ <<http://www.centroclima.org.br/> >Acesso: 13 de Ago. de 2007.
- ✓ <<http://www.thegreeninitiative.com/> Acesso: 15 de Ago. de 2007.
- ✓ <<http://www.tropicalflora.com.br/pt/index.jsp>> Acesso 15 de Ago. de 2007.
- ✓ <<http://www.ambiente.sp.gov.br>> Acesso 02 de Ago. de 2007.
- ✓ <http://www.maxambiental.com.br/carbononeutro_ferramenta/index.php#> Acesso 09 de Ago. de 2007.
- ✓ LIMA, S. B. Um estudo sobre clima e cultura organizacional na concepção de

diferentes autores, p. 64, 2002.

- ✓ LORENZI, H. 2000. *Arvores Brasileira*. Instituto Plantarum. São Paulo - SP.
- ✓ MACDICKEN, K.G. 1997. A guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Forest Carbon Monitoring Program. Winrock International Institute for Agricultural development.
- ✓ MARTINS, O. S. *Determinação do potencial de seqüestro de carbono na recuperação de matas ciliares na região de São Carlos – SP. São Carlos, 2004.*
- ✓ NELSON, B.W., R. Mesquita, J. Pereira, S. Souza, G. Batista, L. Couto, 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in central Amazon. *Forest ecology and Management*, 117: 149-167.
- ✓ ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Interamericana. Brasil. 1983. 434 p.
- ✓ PINHEIRO E. S. 4º Relatório Temático do Projeto Parcelas Permanentes. Parte VIII p. 27 -35, 2006. Disponível em: <<http://www.lerf.esalq.usp.br/parcelas/relatorio2005/parteVII.pdf>> Acesso em 01 de ago. de 2007 .
- ✓ SALDARRIAGA, J.G., D.C. West, M.L. Tharp, C. Uhl, 1988. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. *Journal of Ecology*, 76: 938-958.
- ✓ Uhl, C., Buschbacher, R., Serrão, E.A.S. Abandoned pastures in eastern Amazonia. I: patterns of plant succession. *Journal of Ecology*, 76:663 - 681, 1988.
- ✓ GORE, A. Uma verdade inconveniente. 2006.

ANEXO 1



Figura 1 – Inventário, cartões de PVC utilizados na marcação e numeração de árvores no condomínio.



Figura 2 – Área do pomar do condomínio.



Figura 3 – Passeio de pedestres.



Figura 4 –Tamarindo (*Tamarindus indica* L.), localizado na área do pomar.



Figura 5 – Foto utilizada para identificação de espécies em laboratório, neste ângulo é possível a visualização da disposição das folhas.



Figura 6 - Figueira Mata – Pau (*Ficus guaranítica* Schodat)



Figura 7 – Chapéu de Praia (*Terminalia catappa*)



Figura 8 – Foto da casca, utilizada na identificação em laboratório