

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**PARQUES URBANOS MUNICIPAIS DE SÃO PAULO:
CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA**

Mirtes Vitória Mariano

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção.

São Paulo

2013

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

PARQUES URBANOS MUNICIPAIS DE SÃO PAULO:
CONTABILIDADE AMBIENTAL EM EMERGIA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Cecília M. V. B. de Almeida.

Área de Concentração: Produção e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Produção Mais Limpa e Ecologia Industrial.

Projeto de Pesquisa: Ecologia Industrial: Conceitos e Ferramentas para a Engenharia e o Gerenciamento da Sustentabilidade.

Mirtes Vitória Mariano

São Paulo

2013

Mariano, Mirtes Vitória.

Parques urbanos municipais de São Paulo: contabilidade ambiental em emergência / Mirtes Vitória Mariano - 2013.

122 f.: il. color. + DVD.

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2013.

Área de Concentração: Produção e Meio Ambiente.

Orientadora: Prof^a. Cecília Maria Villas Boas de Almeida.

Aos meus filhos Stephanye e Vinicius.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por ter me dado a vida e a possibilidade de realizações.

Aos meus pais pelo o apoio e compreensão durante a realização deste trabalho e em todos momentos da minha vida.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Cecilia M. V. B de Almeida, pela orientação, amizade e paciência durante toda a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Biagio F. Giannetti, pelos conselhos e contribuições para a realização deste trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Silvia H. Bonilla, pelas aulas e orientações.

Ao Prof. Dr. Pedro A. Frugoli, pela amizade e incentivo para a realização desta conquista.

Aos membros da banca: Prof. Dr. Fabio Romeu de Carvalho, Prof. Dr. Feni Agostinho, Prof^a. Dr^a. Marlei Scariot e Prof. Dr. Tibor Raboczkay, por terem aceitado participar da avaliação deste trabalho e pelas valiosas contribuições.

À Secretaria do Verde e do Meio Ambiente, pelos dados fornecidos para a realização deste trabalho.

A todos os colegas do grupo de pesquisa LaProMA.

À Prof^a. Ms. Solimar Garcia, pela revisão ortográfica.

SUMÁRIO

Resumo	viii
Abstract	ix
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. Utilizando a contabilidade ambiental em emergia para avaliação dos serviços do meio ambiente	19
4. METODOLOGIA	26
4.1. Contabilidade em emergia	26
4.2. Coleta de dados	27
4.3. Indicadores em emergia	28
4.4. Diagrama ternário	30
4.5. Serviços ambientais	32
4.5.1. Produção primária líquida	33
4.5.1.1. Quantidade de fixação de CO ₂ e produção de O ₂ nos parques municipais	33
4.5.1.2. Emergia por unidade da fixação de CO ₂ e da produção de O ₂ da mata alta e grama	34
4.5.1.3. Evapotranspiração	35
4.5.2. Infiltração da água no solo	36
4.6. Indicadores para comparação/classificação de parques urbanos	37
4.7. Produtividade global	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1. Contabilidade em emergia	39
5.2. Índices em emergia e o custo em dólar por metro quadrado	41
5.2.1. Razão de investimento em emergia	42

5.2.2. Razão de rendimento em energia	44
5.2.3. Razão de carga ambiental	45
5.2.4. Índice de sustentabilidade ambiental	45
5.2.5. Emdolar por metro quadrado	46
5.2.6. Indicadores para o conjunto dos 73 parques em estudo	47
5.3. Razão entre os recursos da natureza (renováveis e não renováveis) e os recursos provenientes da economia (I/F)	51
5.4. Serviços Ambientais: Produção Primária Líquida, Evapotranspiração e Infiltração	60
5.5. Indicadores de Sustentabilidade e UEV* da infiltração da água no solo e da evapotranspiração nos parques municipais de São Paulo	70
5.6. Emdolar e UEV* dos serviços ambientais nos parques municipais de São Paulo	71
5.7. Produtividade global e os indicadores EYR e ESI	72
6. CONCLUSÕES	75
7. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	77
REFERÊNCIAS	78
ANEXOS	87

RESUMO

O município de São Paulo vem investindo na implantação de áreas verdes para melhoria da qualidade de vida da população. Neste sentido, a Secretaria do Verde e do Meio Ambiente da cidade tem ampliado a cobertura vegetal por meio de um programa de arborização e da criação de novos parques urbanos. Este trabalho utiliza a contabilidade ambiental em energia para avaliar 73 parques da cidade de São Paulo. Foram calculados os indicadores de energia: indicador de rendimento em energia (EYR), indicador de carga ambiental (ELR), indicador de investimento (EIR) e índice de sustentabilidade (ESI) para cada um dos parques e também para todo o conjunto dos parques em estudo. O valor do emdolar por metro quadrado também foi calculado para avaliar quais parques aproveitam mais os recursos da natureza e os que demandam maiores investimentos da prefeitura. A razão entre os recursos da natureza (renováveis e não renováveis) e os recursos provenientes da economia (I/F) foi estabelecida como um importante indicador na determinação da melhor estrutura a ser implantada de forma que o parque apresente baixos valores de EIR e ELR e altos valores de EYR e ESI. A relação $I/F \times \text{Em}\$/\text{m}^2$ pode ser considerada uma importante ferramenta para tomada de decisão para determinar a melhor configuração e priorizar as ações na implantação e ou manutenção dos parques.

Foi realizado o cálculo das energias dos serviços ambientais de cada parque permitindo estabelecer um *ranking* com o serviço ambiental predominante. Para verificar e comparar os serviços ambientais dos parques urbanos do município, os recursos da economia foram incluídos no cálculo das UEVs (energia por unidade) para avaliar a eficiência na provisão destes serviços obtendo-se a UEV*s. O cálculo das UEV*s e das produtividades globais (inverso da energia por unidade) permitiu refinar a informação, levando em conta a eficiência da produção dos serviços ambientais e a avaliação dos custos de implantação/manutenção representados pelos indicadores em energia.

Palavras-chave: contabilidade ambiental; energia; indicadores ambientais, serviços ambientais, parques urbanos.

ABSTRACT

São Paulo municipality has been investing in the deployment of green areas for improving the people life quality. In this regard, the Green and Environment Secretariat of São Paulo has been increasing green areas through an afforestation program beside new urban parks creation. By means of environmental accountability, this paper evaluates 73 São Paulo parks. Four emergy rates have been accounted Emergy Yield Ratio (EYR), Environmental Load Ratio (ELR), Emergy Investment Ratio EIR and Environmental Sustainability Index (ESI) for each park and their entirety as well. Emdollar value per square meter also has been calculated to assess which utilize properly natural resources and which generate better profit to the city prefecture. The ration between (renewable and non-renewable) natural resources and economy proceeded resources (I/F) was established as an important indicator, determining the best structure to be implemented in order that parks presents low values of EIR and ELR and high values of EYR and ESI. The ratio $I/F \times Em\$/m^2$ can be considered an important tool deciding to determine the best configuration and prioritize actions in the implementation and or maintenance of parks.

The emergy of ambient services of each park was accounted, allowing the establishment of a ranking of the predominant ambient services. For verifying and comparing the city urban parks ambient services, the economy resources were included on UEVs account in the effort of evaluating the efficiency on the services provision. The UEVs and global productivity ($1/UEV$) accounting permitted an information filter, taking ambient services production efficiency and implantation/maintenance into account.

Keywords: *environmental accounting; emergy; environmental indicators; environmental services, urban parks.*

1. INTRODUÇÃO

O município de São Paulo possui uma extensão territorial de 1.523km², com uma população de aproximadamente onze milhões e duzentos mil habitantes (IBGE, 2011). Um local com esta dimensão de pessoas exige grandes áreas destinadas a moradias, recursos da agricultura, pecuária e para o desenvolvimento de novas tecnologias. As áreas verdes públicas são espaços livres onde predominam áreas plantadas de vegetação, correspondendo, em geral, ao que se conhece como parques, jardins ou praças (LLARDENT, 1982).

A noção de “parque” esteve, por muito tempo, associada a serviços de estética e recreação. Como as condições e necessidades da cidade mudaram, a ideia de recreação passou a incluir atividades esportivas para todas as classes sociais, com a implantação de quadras poliesportivas, pistas de *Cooper* e equipamentos de ginástica nas áreas verdes públicas. Entretanto, Kliass (1993) ao definir parque urbano, reforçava a função de lazer, reafirmando que estes deveriam atender às demandas de equipamentos para as atividades de recreação, pois eram, ao mesmo tempo, espaços amenizadores das estruturas urbanas, compensadores das massas edificadas.

Os parques são estruturas dinâmicas, que sofrem influências das necessidades da população e das políticas vigentes. Hoje, a preocupação na preservação e implantação deste tipo de instalação municipal está associada não apenas ao lazer e à estética, mas principalmente aos serviços ambientais que estes podem prestar a uma determinada área. Reconhece-se que, as áreas urbanas arborizadas prestam inúmeros serviços sociais, ambientais e econômicos para as cidades (ESCOBEDO *et al.*, 2008; CONWAY e URBANI, 2007; McPHERSON *et al.*, 2005). Chen e Jim (2008), MacPherson e Simpson (2002), Nowak e Dwyer (2000) relacionam as áreas urbanas arborizadas à estética, à redução de ruído e à manutenção de *habitat* para animais silvestres. A sombra das árvores diminui o aquecimento de superfícies construídas e pavimentadas e, por meio da evapotranspiração pode, também, reduzir os efeitos das ilhas de calor que são intensificadas com o crescimento da cidade (AKBARI *et al.*, 2001; ROSENFELD *et al.*, 1995). Xiao e MacPherson (2002) e Xiao *et al.* (1998) enfatizam o benefício proporcionado pelos parques urbanos pela diminuição do volume de escoamento de água da chuva com consequente redução dos riscos de inundações.

Com o crescimento da cidade e o adensamento da população, o solo com cobertura impermeável substituiu cada vez mais as árvores e outras vegetações, causando um efeito desfavorável no bem-estar da população e do ambiente (BRABEC *et al.*, 2002; MEYER e TURNER, 1994). Estudos desenvolvidos pela Prefeitura Municipal de São Paulo – PMSP

(KLIASS, 1993; SILVA, 1993) mostraram que, no início da década de 90, apenas 16,36% do município eram ocupados por áreas verdes, sendo 10,24% na zona urbana e 6,12% na zona rural. Estes estudos já evidenciavam um problema que se agravou com o passar dos anos: a falta de áreas verdes com consequente influência negativa na qualidade de vida da população.

Frequentemente cita-se, como sendo uma recomendação da Organização Mundial de Saúde (OMS), um índice ideal como 12m² de área verde por habitante, que se refere ao índice básico de 13m² de áreas verdes por habitante encontrado na Alemanha (CAVALHEIRO, 1992). Apesar de algumas capitais do País estabelecer uma relação de área verde por habitante em suas leis orgânicas municipais, como por exemplo, Porto Alegre (12m²/habitante) e Curitiba (13m²/habitante), o artigo 186 da Lei Orgânica do município de São Paulo estabelece apenas que *“O Município deverá recuperar e promover o aumento de áreas públicas para implantação, preservação e ampliação de áreas verdes, inclusive arborização frutífera e fomentadora da avifauna.”* A relação área verde por habitante em 1993 era de 3,6m²/habitante (KOHLETER *et al.*, 2000). Em 2007, a relação área verde por habitante diminuiu para 3,0m²/habitante (FOLHA, 2007).

Estudos realizados pela Secretaria do Verde e do Meio Ambiente (SVMA) mostram que a área verde por habitante na cidade de São Paulo tem sido mantida a um valor próximo do recomendado pela OMS, 11,58m²/habitante (2008), 12,52m²/habitante (2009), 12,48m²/habitante (2010) e 12,50m²/habitante (2011). Este indicador (área verde por habitante) é obtido levando em consideração todos os parques públicos urbanos municipais, estaduais urbanos, praças e todas as unidades de Conservação de Proteção Integral definidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), efetivamente implantadas na cidade de São Paulo. Entretanto, este valor representa uma média para a cidade, existindo valores muito diferentes nas várias regiões (subprefeituras). Por exemplo, em 2011 o índice de área verde por habitante na região da Mooca era de apenas 0,35m²/habitante, enquanto este índice para a região de Parelheiros era de 312,82m²/habitante (NOSSA SÃO PAULO, 2013).

Em 2009, foi aprovada uma lei estadual (Lei nº. 13.580/2009) que instituiu o Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas. O governo do Estado passou a financiar programas de implantação de árvores nas cidades paulista com o propósito de atingir um Índice de Área Verde (IAV) de 12m² por habitante. O texto sancionado determina a prioridade para o custeio dos projetos a serem desenvolvidos em áreas urbanas com 200 mil habitantes ou mais.

A Prefeitura Municipal de São Paulo, por meio da SVMA, lançou em 2008 o programa “100 parques”. Este programa tinha o objetivo de proteger a biodiversidade e ampliar as opções de lazer da população e incluía, também, a implantação de parques

lineares para prevenir as construções indevidas em áreas de risco e operar como drenos de água, minimizando enchentes. Estes locais implantados e mantidos pela Prefeitura de São Paulo são hoje considerados estruturas produtoras de serviços ambientais, lazer, educação e cultura. Porém, a existência e manutenção destas estruturas dependem da disponibilidade de fluxos de produtos e serviços (HUANG *et al*, 2009). Para a conservação de um parque, um fluxo constante de energia é requerido, quer na forma de recursos naturais, e na forma de recursos da economia como, por exemplo, mão de obra e energia fóssil.

2. OBJETIVOS

Com a utilização da síntese em emergia, o presente trabalho tem como objetivo quantificar o investimento da sociedade e da natureza na operação de um conjunto de 73 parques municipais de São Paulo e avaliar os serviços ambientais prestados à cidade por meio dos processos de Evapotranspiração, Produção Primária Líquida de Biomassa (NPP, *Net Primary Production*) e Infiltração da água no solo.

Para alcançar os objetivos gerais deste trabalho foram cumpridos os seguintes objetivos específicos:

- Cálculo da emergia total de cada instalação.
- Cálculo dos indicadores em emergia individual, o custo em dólares por m² e o custo em dólar por m² de cada parque.
- Cálculo da emergia total do conjunto.
- Avaliação da relação entre os recursos requeridos da natureza (renováveis e não renováveis) e os recursos provenientes da economia (I/F) de cada um deles e do conjunto total.
- Cálculo das quantidades de infiltração de água no solo, evapotranspiração e da produção primária líquida do conjunto de 73 parques.
- Cálculo da emergia da infiltração de água no solo, evapotranspiração e da produção primária líquida.
- Cálculo da emergia por unidade (UEV*) da infiltração da água no solo, evapotranspiração e da produção primária líquida.
- Confronto dos indicadores em emergia calculados com os serviços ambientais fornecidos por cada unidade estudada.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É consenso entre todos os autores que a composição do verde urbano desempenha importante papel na manutenção da qualidade ambiental das cidades e, portanto, da qualidade de vida dos cidadãos. Dentre os benefícios decorrentes da sua implantação adequada, os mais citados são: estabilização microclimática e redução das ilhas de calor; redução da poluição atmosférica, por meio da retenção de dióxido de carbono; redução da poluição sonora; aprimoramento da paisagem urbana; contribuição para a qualidade de vida da população, por meio da aproximação com o meio natural e apenas quando se trata de parques lineares se menciona a contribuição para o controle de enchentes e inundações.

Neste contexto, muitos artigos tratam dos benefícios das áreas verdes na qualidade de vida da população em seu entorno, a relação entre a área verde e os serviços ambientais e os problemas causados pelo rápido crescimento urbano. Bolund e Hunhammar (1999) avaliaram os serviços gerados por sete diferentes ecossistemas: árvores de rua; parques gramados, florestas urbanas; terra cultivada; zonas úmidas; lagos e rios urbanos em Estocolmo. Nessa cidade, os parques e espaços verdes ocupam áreas de 26% da área total e a água abrange 13% (MILJÖFÖRVALTNINGEN, 1995). Bolund e Hunhammar (1999) concluíram, com base em trabalhos de outros autores, que seis serviços foram considerados diretamente relevantes para Estocolmo: filtragem de ar, regulação do microclima, redução de ruído, drenagem de águas pluviais, tratamento de esgoto, e os valores culturais e recreativos, mas também apontaram alguns aspectos negativos. Para os autores, a restauração de áreas úmidas pode causar problemas, como a eclosão de mosquitos e maus odores e os parques podem ser locais perigosos durante a noite. Entretanto, o artigo deixou claro que os serviços do ecossistema urbano contribuem para a qualidade de vida, mesmo que os cidadãos urbanos ainda dependam dos serviços dos ecossistemas globais para a sua sobrevivência. A qualidade de vida da população urbana é melhorada pelos serviços gerados localmente, como por exemplo, a qualidade do ar e os níveis de ruído, que não podem ser melhorados com a ajuda de ecossistemas distantes.

O principal objetivo do estudo de Dimoudi e Nikolopoulou (2003) foi apresentar os efeitos climáticos relacionados com a vegetação no meio urbano em confronto com a presença de construções, empregando medidas de energia para aquecimento, resfriamento, luz e evapotranspiração. Considerando que a densidade da textura urbana é diretamente relacionada ao clima devido ao aprisionamento do vento, o estudo propôs uma equação para calcular a transmissão de calor, que se refere ao efeito do acesso da luz solar, o albedo e a permeabilidade do solo. O estudo mostrou que a vegetação tem grande influência no microclima da cidade e seus efeitos não se limitam somente ao interior do local, mas influencia toda a área a sua volta, principalmente, em seu lado protegido do

vento. Os resultados mostraram que o aumento no tamanho da área verde urbana reduz efetivamente a temperatura do ar ambiente. A conclusão do estudo foi que o aumento das áreas verdes é uma excelente maneira de combater o fenômeno das ilhas de calor, causado pela grande densidade de prédios, além de trazer benefícios aos centros urbanos.

Lin *et al.* (2011) realizaram um estudo utilizando a ferramenta *Landsat Enhancet Thematic Mapper Plus (ETM+)* para identificar diferenças de temperatura resultantes da presença de áreas verdes e suas áreas estendidas. Após a identificação destas áreas foram efetuados: (1) o cálculo da energia que seria utilizada para manter as diferenças de temperatura entre as regiões resfriadas e as áreas urbanas vizinhas aquecidas; (2) o cálculo das emissões de carbono evitadas por acúmulo de conservação de energia (estoque de carbono) e (3) a investigação da relação entre a economia de carbono e as características das áreas verdes (tamanho, forma e biomassa).

Utilizando relatórios da Corporação de Energia Elétrica de Pequim, que informam que no pico do verão o uso do ar-condicionado é responsável por 40% da carga total de eletricidade, Lin *et al.* (2011) associaram o aumento da concentração de dióxido de carbono atmosférico produzido pela queima de combustíveis fósseis com o aumento da temperatura. Os autores afirmaram que as áreas verdes urbanas oferecem benefícios duplos sequestro/armazenamento de carbono atmosférico e redução da temperatura, nas áreas verdes e nas suas vizinhanças, e correlacionaram características das áreas verdes e a economia de carbono, concluindo que: (1) quanto maior a quantidade de biomassa melhor é o resfriamento e maior economia de energia e menor poluição atmosférica; (2) a instalação de maior quantidade de pequenas áreas verdes será mais benéfica do que a implantação de poucas unidades de áreas verdes de grande extensão e (3) áreas verdes de formas irregulares têm melhor desempenho do que formas regulares de mesmo tamanho.

Os resultados obtidos por Lin *et al.* (2011) mostraram que a vegetação pode fornecer resfriamento pelos seus processos bioquímicos, e a redução do consumo de energia elétrica (obtida predominantemente na China pela queima de carvão) evitando a emissão de CO₂ na geração de energia. A economia total de carbono (soma de economia de cada área verde e suas áreas estendidas) foi de $5,97 \times 10^{10}$ kJ equivalentes a 16,59 MKWh e absorção de 14.315,37 toneladas de emissões de CO₂. No ano de 2007, o consumo de eletricidade de Pequim foi de 185 MKWh por dia (*BEIJING MUNICIPAL BUREAU OF STATISTICS, 2008*), e os autores atribuíram uma economia de 8,97% do montante total do consumo de eletricidade diário ao resfriamento produzido pelas áreas verdes existentes.

Oliveira *et al.* (2011) também estudaram a contribuição das áreas verdes para a diminuição dos efeitos das ilhas de calor, acrescentando que a vegetação pode contribuir na absorção de CO₂, para a redução do consumo de energia, da poluição do ar e dos níveis de ruído, melhorando a qualidade de vida da população. Neste estudo, Oliveira *et al.* (2011)

analisaram o desempenho térmico de um pequeno espaço verde (0,24 ha) e sua influência no meio ambiente atmosférico de uma área densamente urbanizada, em Lisboa. Os objetivos deste trabalho foram: a) investigar se este espaço verde urbano, mesmo pequeno, tem efeito de arrefecimento na atmosfera circundante; b) analisar a influência da proximidade com o jardim e a exposição solar nos parâmetros térmicos da área em torno do espaço verde; c) analisar se os fatores urbanos têm influência no desempenho térmico da área verde.

Medições de parâmetros meteorológicos (temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento, solar e radiação infravermelha) foram realizadas ao longo do período de seis dias de verão em 2006 e 2007, no interior da área verde e também em áreas vizinhas. Verificou-se que o jardim era mais frio do que as áreas circunvizinhas, seja no sol ou na sombra e atribuiu-se a pequena influência nas áreas vizinhas às condições climáticas locais, particularmente à baixa velocidade do vento. Os autores concluíram que pesquisas ainda devem ser realizadas a fim de melhor compreender todos os diferentes fatores que explicam a influência das áreas verdes no seu meio ambiente circundante, levando em consideração as características específicas de cada cidade.

Zhao *et al.* (2006) documentaram os processos de urbanização em Xangai, entre 1975 e 2005, descrevendo mediante a análise de dados obtidos por satélite as mudanças no uso e na cobertura da terra do solo como consequência da expansão urbana. Os autores destacaram os impactos produzidos pelo processo de urbanização na qualidade do ar e da água, no clima local e na biodiversidade observaram que a área de terra urbana aumentou aproximadamente 7,5 vezes de 1975 a 2005, mas as áreas verdes de Xangai tiveram um aumento de aproximadamente 28 vezes no mesmo período. Observou-se que o aumento de áreas verdes (parques urbanos, árvores de rua, gramados) pode ter contribuído para reduzir a poluição do ar. Entretanto, a análise de correlação da relação entre as diferenças de temperaturas médias em áreas urbanas e rurais, e da quantidade de terra urbana, indicaram que diferenças de temperatura entre as áreas urbanas e rurais aumentaram substancialmente quando a cidade se expandiu.

Millward e Sabir (2011) investigaram o valor dos serviços prestados pelas árvores em *Allan Gardens*, um parque público no Canadá, e descreveram benefícios sociais, ambientais e econômicos do parque urbano. O valor monetário anual dos benefícios foi estimado pela quantificação dos serviços como a conservação de energia, compensação e sequestro de CO₂, melhoria na qualidade do ar, absorção da água da chuva, além do aumento no valor da propriedade do local. O trabalho mostrou que o dinheiro gasto para o plantio e manutenção de árvores nestes locais é justificado pelos benefícios que estas trouxeram para a cidade. McPherson *et al.* (2005) afirmaram que a implantação de árvores nas ruas e nos parques não foi anteriormente estudada e que muitas vezes decisões são tomadas somente com

base econômica, não levando em consideração a característica de cada espécie e os futuros benefícios ou malefícios que essa pode trazer à população. Estes autores estudaram a relação entre a floresta urbana e a população humana, levando em conta os seus benefícios e também seus custos, partindo das premissas de que a existência de árvores na cidade é a melhor maneira de atenuar os efeitos da chuva, além de regular o clima urbano e a quantidade de gás carbônico no ambiente. Os benefícios foram contabilizados por diferentes métodos, aplicados de acordo com o benefício avaliado: os benefícios climáticos foram avaliados por simulação em computador e comparados com o gasto em energia elétrica e gás natural; as reduções de gás carbônico na atmosfera foram contabilizadas de acordo com a quantidade de biomassa; foi levado em consideração o gás carbônico liberado pelas árvores durante a respiração e decomposição, e comparados com o preço do combustível fóssil; as reduções nas enchentes causadas pela chuva foram contabilizadas e comparadas com gastos em obras para controlar enchentes. Como resultados, o estudo concluiu que cada cidade apresentava diferentes deficiências, como o investimento em implantação de espécies de árvores de curta vida ou de baixo desempenho no sequestro de gás carbônico ou cujas raízes quebram calçadas, causando maior gasto para o governo. Além disso, um problema observado na cidade de Fort Collins foi a baixa diversidade em árvores urbanas, já que uma maior diversidade permite benefícios mais estáveis. A conclusão do estudo foi que a cada dólar que é investido na manutenção e implantação da floresta urbana, os benefícios retornam aproximadamente entre US\$1,37 e US\$3,09 ao ano.

Oliveira e Bitar (2006) propuseram indicadores ambientais para o monitoramento de parques urbanos utilizando o modelo Pressão – Estado – Resposta. O modelo foi aplicado a três composições urbanas na cidade de São Paulo, denominados A, B e C de acordo com as seguintes premissas: (1) as atividades humanas exercem pressão sobre os recursos naturais (fauna e flora, água, ar e solo) e também sobre as instalações (visitantes), (2) as condições ambientais são impactadas pelas pressões exercidas pelas atividades humanas e por fatores naturais, alterando seu estado, e (3) os agentes sociais são informados das condições ambientais e respondem com instrumentos legais buscando melhorar o estado do local.

Após a realização da pesquisa notou-se que a falta de informações dos gerentes sobre as atividades realizadas nos locais inviabilizava a aplicação dos indicadores. Apesar da ausência de alguns dados necessários, o sistema é proposto para a melhoria da gestão dos parques, que precisam registrar os dados e as ações realizadas pelos seus administradores ao longo de um determinado tempo.

Dentre as funções sociais e ambientais, os parques lineares ou corredores verdes são sugeridos para a manutenção da biodiversidade, proteção dos recursos hídricos, soluções viáveis para enchentes, conservação do solo, interação social, lazer e recreação.

Frischenbruder e Pelegrino (2006) descreveram oito estudos de casos em cidades do Brasil, com propostas de implantação dos “corredores verdes”, que possuem uma configuração linear margeando canais de drenagem e/ou estradas em construção, e têm como objetivo preservar a natureza em torno de áreas urbanas em rápido crescimento. Todos os oito casos estudados pelos autores estão localizados no Bioma da Mata Atlântica e representam um movimento ocorrendo no Brasil que sugere a aplicação de instrumentos jurídicos para a implantação de áreas verdes no País e também a proteção das bacias hidrográficas e da estabilidade do solo. Porém, os autores esclareceram que a implantação dos “corredores verdes”, precisa do envolvimento dos pesquisadores/profissionais em estudar e informar a sociedade sobre as funções desses caminhos para atingir os objetivos propostos.

Observou-se que os estudos que tratam de avaliar os benefícios proporcionados pelos parques urbanos ou áreas verdes (sejam elas localizadas em locais dentro das cidades, áreas ao redor das cidades ou distribuídas na arborização das ruas) são direcionados no sentido de correlacionar os serviços ambientais destas áreas com os possíveis benefícios fornecidos à cidade ou à vizinhança. Para tanto, são efetuadas medidas dos potenciais benefícios (diferenças de temperatura e nível de ruído, economia de energia para aquecimento ou resfriamento, qualidade do ar e da água) que são confrontados e correlacionados com quantidades calculadas (produção de biomassa, evapotranspiração, sequestro de CO₂). Com base nestas observações, a maioria dos autores considera que a presença de áreas verdes na estrutura das cidades contribui para atenuar os efeitos do adensamento urbano. Há também estudos que, comparando a economia em dinheiro estimada por meio da economia de energia elétrica ou empregando o preço do CO₂ no mercado de créditos de carbono, associam um valor monetário aos serviços ambientais fornecidos pelas áreas verdes, comparam o investimento para implantação/manutenção das áreas verdes com o valor monetário dos benefícios considerados. Entretanto, nenhum destes estudos emprega uma metodologia capaz de avaliar o valor dos recursos naturais tanto no que diz respeito ao seu uso para a implantação/manutenção das áreas verdes como para avaliar o valor dos serviços ecossistêmicos obtidos.

3.1. Utilizando a contabilidade ambiental em emergia para avaliação dos serviços do meio ambiente

Em um artigo com título provocativo (*Shared wealth or nobody's land? The worth of natural capital and ecosystem services*), Ulgiati *et al.* (2011) abordaram maneiras de se medir o valor dos recursos naturais e dos serviços do ecossistema em que se baseiam as economias humanas. Para apresentar uma relação racional entre as atividades humanas e

os recursos da natureza, os autores estabelecem duas categorias. A primeira, não comercializável e, portanto, sem valor ou dono, como o ar limpo e a água da chuva; a segunda, facilmente delimitada e comercializada, terras, florestas e água potável. Ulgiati *et al.* (2011) esclareceram que Odum (1996) foi pioneiro ao sugerir uma medida comum para que se possa avaliar o capital natural e a sustentabilidade, levando em conta que há recursos de todas as espécies no planeta. Para Odum (1996), tanto o capital natural quanto os serviços do ecossistema são identificados como a real fonte de riqueza da humanidade, contradizendo a teoria baseada em trabalho e em capital econômico. Ulgiati *et al.* (2011) afirmaram que o uso da contabilidade ambiental em emergia fornece uma base mais forte para uma análise do valor do capital natural, apesar de a avaliação baseada em emergia receber críticas por alguns especialistas.

Na avaliação dos serviços ambientais empregando a contabilidade ambiental em emergia, os primeiros trabalhos avaliaram grandes áreas, que incluíam recursos naturais e atividades humanas (HIGGINS, 2003) e reservas naturais (QIN *et al.*, 2000, TILLEY e SWANK, 2003).

Higgins (2003) avaliou regiões de *Oak Openings* no Noroeste de Ohio, enfatizando a interação entre o meio ambiente, a economia e a cultura, e questionando a viabilidade desta interação em longo prazo. Neste trabalho, Higgins (2003) descreveu três subsistemas operando nas regiões de *Oak Openings*: o ambiental, o econômico e cultural. Cada um desses sistemas foi estudado de forma independente e dinâmica com a utilização dos indicadores de emergia. Os resultados mostraram pouca habilidade em explorar recursos locais da natureza (EYR= 1,57), moderado para alto estresse do ambiente (ELR = 5,8) e alto investimento em emergia (EIR = 3,8). Com base nestes indicadores, Higgins (2003) concluiu que a região não opera de forma eficiente.

Qin *et al.* (2000) estudaram os pântanos de mangue em *Mai Po*, a maior e mais importante zona úmida de Hong Kong, com mangues e lagos que atraem grande quantidade de aves e servem como criadouros de peixes, camarões e caranguejos. O estudo feito por meio da avaliação em emergia fez a análise de integração entre a ecologia e a economia dos pântanos e mostrou que a verdadeira riqueza deste ecossistema está relacionada com a educação (visitantes e pesquisa local). Os resultados mostraram que a emergia utilizada na região de *Mai Po* é alta e a gestão da educação da reserva natural é boa, mas a carga ambiental é alta. A região deve ser organizada racionalmente, investindo-se na investigação científica de uma maneira que o seu valor alto em emergia, possa trazer mais benefícios para o local. Tilley e Swank (2003) empregaram a síntese de emergia para avaliar o equilíbrio entre a natureza, a humanidade de um projeto demonstrativo de gestão do ecossistema de uma floresta temperada na Bacia do *Southern Appalachian Mountains*, dos EUA. A síntese em emergia permitiu modelar a estrutura e a função de ecossistemas

florestais quantificadas em unidades comuns (joules de energia solar, seJ) para facilitar a comparação, determinando um sistema de valor baseado na soma de recursos necessários para desenvolvê-los e sustentá-los, seja em dinheiro, energia, material ou informação. Todos os serviços, tais como recreação, preservação de espécies, produtividade de água, produção de madeira, informação e investigação foram avaliados em unidades de energia solar. O indicador ELR (Índice de carga ambiental - razão entre energia de entrada proveniente do sistema econômico e do recurso local não renovável e a energia do recurso local renovável) foi utilizado para avaliar o equilíbrio entre o investimento econômico na floresta com a sua produção natural. Dois novos índices de energia, o Ciclo de Carga Ecológica (DCE) e Retorno sobre a Energia da Gestão do Ecossistema (EREM), também foram propostos para quantificar e mostrar o impacto humano sobre os ecossistemas geridos, ou seja, quantificar a capacidade ecológica da floresta para resistir ao uso humano e manter o sistema em desenvolvimento sustentável e equilibrado. Segundo Tilley e Swank (2003), para apreciar plenamente os benefícios sociais e econômicos das florestas, uma nova filosofia de gestão de ecossistemas deveria considerar a importância de vários fatores sobre escalas variadas de espaço e tempo e relacionar esses fatores para os serviços e produtos florestais.

A maioria dos estudos mais recentes que utilizaram a contabilidade ambiental em energia avaliaram as áreas do entorno de municípios. Alguns autores tratam da recuperação das áreas rurais nas vizinhanças das cidades (SU *et al.*, 2012), outros da recuperação e preservação de áreas verdes que fornecem serviços ambientais às cidades (LU *et al.*, 2006; DANG e LIU, 2012) e apenas um avalia um parque urbano, o *Green Lake Urban Wetland Park* (DUAN *et al.*, 2011).

Várias pesquisas mostraram que a substituição de terras ou pasto por floresta é útil para consolidar serviços ecossistêmicos, tais como a conservação do solo e da água (FENG *et al.*, 2010). Com base no “Projeto de Grãos para Verde”, lançado pelo governo central chinês em 1999, Su *et al.* (2012) estudaram as interações entre os sistemas humanos e naturais na Bacia Yanhe na China. O projeto planejava gastar US\$ 40 bilhões para converter 147 milhões de hectares de terras agrícolas e 173 milhões de hectares de montanhas áridas e terrenos baldios em áreas florestais e pastagens em 25 províncias no período de 1999 até 2010 (ZHAO *et al.*, 2010). Após dez anos, a bacia hidrográfica Yanhe passou por uma mudança bastante significativa no padrão de uso da terra caracterizada pela redução de terras e recuperação de vegetação (CAO *et al.*, 2009; UCHIDA *et al.*, 2005; XU *et al.*, 2006). Cinco serviços ecossistêmicos foram selecionados: produção primária líquida, sequestro de carbono e produção de oxigênio, conservação da água, conservação do solo e produção de grãos. A atividade humana foi representada por um índice de atividade humana (HAI), que integra a densidade populacional humana, razão de terras, a

influência das moradias e da rede viária. A pesquisa de Su *et al.* (2012) teve como objetivo: (1) explorar a variação dos serviços dos ecossistemas e as atividades humanas de 2000 e 2008; (2) investigar as correlações entre as atividades humanas e os serviços do ecossistema, e (3) analisar as inter-relações dentro dos principais serviços dos ecossistemas.

Os resultados de Su *et al.* (2012) indicam aumento do NPP, sequestro de CO₂ e produção de O₂, e a conservação da água e do solo na Bacia Yanhe durante o período de 2000 a 2008 e os autores observaram que o aumento do NPP contribui para a regulação/apoio e conservação de bacias hidrográficas. Os autores observaram que as variações da conservação do solo e conservação da água são ambas negativamente correlacionadas à variação do índice de atividade humana. Entre os serviços dos ecossistemas, a variação da produção de grãos está negativamente correlacionada com a NPP e, conseqüentemente, com o sequestro de CO₂ e a produção de O₂.

Partindo de um programa de restauração ecológica na bacia de *Yangou*, na região montanhosa da China, Dang e Liu (2012) utilizaram a síntese em emergia para um estudo de caso em que a capacidade de suporte forneceu uma medida útil de sustentabilidade. Neste local, havia uma grande tensão entre crescimento econômico e a manutenção de processos ecológicos, com grande parte desta tensão decorrendo da combinação de um ambiente natural e da falta de recursos financeiros da população. O trabalho tratou de forma quantitativa a medida de capacidade de suporte e sustentabilidade para avaliar o programa específico de restauração ecológica com os objetivos de: (1) identificar mudanças nos processos ecológicos econômicos e avaliar a base de recursos ambientais da bacia em termos de emergia; (2) determinar os limites máximos e mínimos da capacidade de suporte do ambiente local para diferentes padrões de vida em termos de emergia e (3) discutir a capacidade de suporte humana e sustentabilidade da bacia de *Yangou*. Os resultados mostraram que, durante o período de 1998 a 2005, o total do fluxo de emergia por unidade de área e tempo diminuiu e que o uso de emergia por pessoa também diminuiu. Houve uma grande diminuição na utilização de recursos não renováveis atribuída à erosão do solo, porém, o estudo mostrou que, após a implantação do programa de restauração ecológica, as entradas de recursos renováveis não tiveram variações significativas. Levando em consideração a capacidade de suporte, a população que poderia ser sustentada apenas com fontes renováveis foi de aproximadamente 550 pessoas, o que representa menos de um quinto da população real no local. Os resultados da capacidade de carga não indicaram melhoras significativas após o programa de restauração ecológica na bacia de *Yangou*. O estudo sugere ainda outras ações necessárias para a conservação dos recursos ambientais, melhorias nas entradas dos fluxos de emergia para produção agrícola e mudança de estilo de vida para os habitantes da bacia. Os indicadores de sustentabilidade em emergia para a

bacia de *Yangou* indicaram pouca variação ao longo do período de 1998 a 2005, entre eles, o índice de rendimento em energia EYR teve um aumento médio de 0,4% por ano, enquanto o índice de investimento em energia EIR diminuiu, em média, 1,9% ao ano. Houve uma tendência decrescente no índice de carga ambiental ELR, com 5,1% durante o período estudado. O índice de sustentabilidade ESI aumentou durante o período, embora o seu valor ainda seja muito pequeno. As melhorias decorrentes do programa foram relacionadas à diminuição no uso de recursos não renováveis, pela revegetação e conservação do solo.

A restauração da vegetação foi proposta por Lu *et al.* (2006) como a chave para a melhoria da produtividade regional, a melhoria do ambiente ecológico, assegurando o uso sustentável dos recursos e o desenvolvimento sustentável da economia. Os autores empregaram a contabilidade ambiental em energia para avaliar a restauração agroflorestal de uma área populosa e seriamente degradada da China. O modelo de restauração utilizou uma plantação de *Acacia Mangium* (espécie de árvore de rápido crescimento), um pomar de *Citrus Reticulata* (espécie de laranja), pastagens de *Pennisetum Purpureum* (espécie de capim para pastagens) e um viveiro de peixes. Com base no valor das transformidades calculadas para a plantação de *Acacia Mangium* e as pastagens, os autores associaram uma eficiência elevada a estes dois subsistemas de restauração. A transformidade da biomassa do pomar de *Citrus Reticulata* também foi considerada alta, quando comparada à calculada em outros estudos, porém, o custo elevado da produção de laranjas levou à substituição deste sistema por outro tipo de plantação. Ainda comparando as transformidades obtidas com as de outros estudos (BROWN *et al.*, 1992; ODUM *et al.*, 1998), os autores concluem que o subsistema de produção de peixe estava operando dentro da faixa esperada de eficiência. Vários índices definidos por Odum (1996) e Brown e Ulgiati (1997) foram utilizados por Lu *et al.* (2006) para avaliar a eficiência ecológica e econômica do sistema de restauração, sua contribuição líquida para a sociedade, o potencial de impactos ambientais das atividades humanas e o potencial para o desenvolvimento sustentável. Os resultados mostraram que o sistema fornece um retorno superior por unidade de energia investida (EYR = 10), com baixo valor de carga ambiental (ELR=0,624) e sustentabilidade em longo prazo (ESI = 15).

Duan *et al.* (2011) utilizaram a contabilidade ambiental em energia e avaliação do ciclo de vida para investigar um parque urbano em Pequim, o *Green Lake Urban Wetland Park*. Foram avaliadas as entradas ambientais e de capital, serviços ecossistêmicos e rendimentos de matéria orgânica. O método de avaliação do ciclo de vida foi usado para obter uma estimativa quantitativa do impacto ambiental durante o ciclo de vida do *Green Lake*, incluindo o aquecimento global, eutrofização, o esgotamento de recursos não renováveis, o consumo de energia, a acidificação potencial, potencial de criação fotoquímica

de oxidante, material particulado e resíduos. Vários índices baseados na contabilidade ambiental em emergia, como razão de rendimento emergia (EYR), razão de carga ambiental (ELR), índice de sustentabilidade emergia (ESI), benefício líquido econômico (Np) foram calculados. Os resultados, comparados com outra zona úmida construída em Pequim, mostraram que o *Green Lake Urban Wetland Park* tem maiores proporções de entrada de recursos renováveis, menor pressão sobre o meio ambiente, oferecendo benefícios ecológicos e econômicos e que a instalação de parques deste tipo pode ser considerada uma prática ecológica sustentável de longo prazo. Por outro lado, a avaliação de ciclo de vida detectou como impacto ambiental dominante o potencial de criação fotoquímica de ozônio na fase de construção. Os autores afirmaram que com a combinação da contabilidade ambiental em emergia e da avaliação de ciclo de vida, mais informações podem ser obtidas sobre os fatores dominantes em cada fase do ciclo de vida e fornecer as informações para reduzir impactos a fim de tornar o sistema mais sustentável.

Observou-se que os estudos que empregam a contabilidade ambiental em emergia para avaliar os benefícios proporcionados pelos serviços ecossistêmicos estão mais voltados a compreender e avaliar o funcionamento e a sustentabilidade de sistemas em que as atividades humanas interferem nos processos naturais (QIN *et al.*, 2000; HIGGINS, 2003; TILLEY e SWANK, 2003), utilizando os indicadores em emergia. Uma segunda vertente busca avaliar projetos de restauração de áreas rurais densamente povoadas, em que se combina o uso de recursos naturais com as atividades rurais destinadas ao abastecimento de municípios (LU *et al.*, 2006; DANG e LIU, 2012; SU *et al.*, 2012). Os serviços ambientais destas áreas (produção de biomassa, evapotranspiração, sequestro de CO₂) são avaliados com base na eficiência de produção (LU *et al.*, 2011) ou por meio de indicadores (DUAN *et al.*, 2011). Entretanto, nenhum destes estudos utiliza a contabilidade ambiental em emergia para avaliar a relação custo/benefício no que tange ao uso destes recursos para a implantação/manutenção das áreas verdes e o valor dos serviços ecossistêmicos obtidos, com exceção de Giannetti *et al.* (2011). Estes autores avaliaram quatro serviços ambientais (infiltração da água no solo, produção primária líquida, evapotranspiração e a estrutura geológica do local) em uma fazenda de café no cerrado brasileiro, para verificar se os 80 hectares preservados de mata nativa, uma área de preservação maior do que as leis brasileiras exigem, seriam suficientes para compensar o impacto causado pela atividade agrícola. Foi contabilizado um total de $4,28 \times 10^{15}$ seJ/ha ano em emergia dos serviços ambientais, sendo a infiltração da água no solo o serviço mais valioso da área de mata nativa. Com o auxílio do diagrama ternário, foi possível avaliar a contribuição da área natural preservada que permite a esta fazenda sustentar-se em médio prazo. A síntese em emergia foi importante neste estudo, pois proporcionou meios para calcular o preço dos serviços com

uma forte base científica e forneceu subsídios para atribuir e/ou dividir a responsabilidade entre os usuários e os produtores de forma mais justa.

4. METODOLOGIA

A contabilidade ambiental em emergia é a ferramenta utilizada neste trabalho para avaliar os investimentos ambientais e econômicos na implantação e operação de parques na cidade de São Paulo e para quantificar os serviços ambientais produzidos por eles.

4.1. Contabilidade em emergia

A emergia é a energia disponível de um determinado tipo, previamente requerida, direta ou indiretamente, para obter um bem ou um serviço (ODUM, 1996). As diferentes contribuições de energia para gerar um produto ou serviço são expressas em uma base comum (joules de energia solar, seJ) permitindo sua contabilidade. A transformidade ou emergia por unidade, fornece uma medida da concentração de emergia e pode ser considerada como um indicador de qualidade por meio da razão entre emergia e energia, sendo que sua unidade é seJ/J. Quanto maior o valor da transformidade, maior foi o trabalho para obter o produto e, portanto, maior a sua qualidade (ODUM, 1996). O comportamento do sistema e a sua interação com o meio ambiente é avaliado por meio dos fluxos renováveis (R), não renováveis (N) e provenientes da economia (F) empregados no sistema.

Para a realização da contabilidade em emergia utiliza-se um diagrama de energia, indicando os fluxos que compõem o sistema estudado, sejam eles fluxos de recursos naturais renováveis (R), os recursos não renováveis (N) e de recursos provenientes da economia (F). O diagrama apresenta também as interações do processo e suas saídas. Para construção do diagrama, usa-se a simbologia de Odum (1996) para representar os componentes do sistema em estudo. Os símbolos utilizados para a construção do diagrama neste trabalho e seus significados estão ilustrados no anexo I.

A partir do diagrama de fluxos de energia são feitas as tabelas contendo os recursos renováveis (R), os recursos não renováveis (N) e os provenientes da economia (F) com seus respectivos valores em energia, emergia por unidade e a emergia.

Os dados utilizados para a construção do diagrama e das tabelas foram fornecidos pela Secretaria do Verde e Meio Ambiente e extraídos do documento “Serviços de conservação de parques municipais – Listagem de insumos” com data base de maio de 2011. Este documento relaciona os recursos provenientes da economia utilizados para a implantação (mudas) e a operação dos parques do município (plástico, produtos químicos, algodão, papel, equipamentos e mudas utilizadas em reposição). A listagem de insumos deste parque pode ser examinada no anexo II.

A tabela 1 ilustra as emergias por unidades (UEV, *Unit Emergy Value*) utilizadas no

trabalho. A base utilizada foi de $15,83 \times 10^{24}$ seJ/ano (ODUM *et al.*, 2000), as emergias por unidade empregadas por outros autores utilizando a base $9,44 \times 10^{24}$ seJ/ano (ODUM, 1996) foram multiplicadas por 1,68 para a conversão.

Tabela 1. Tabela de emergia por unidade

	Unidade	Emergia por unidade* (seJ/unidade)	Referência
Aço (equipamentos)	kg	$4,15 \times 10^9$	BURANAKAM, 2003
Algodão	kg	$1,44 \times 10^6$	ODUM, 1996
Chuva (Geopotencial)	J	$4,70 \times 10^4$	ODUM, 1996
Chuva (Química)	J	$3,05 \times 10^4$	ODUM, 1996
Energia Geotérmica	J	$1,49 \times 10^4$	ODUM, 1996
Evapotranspiração	J	$2,69 \times 10^4$	ODUM, 1996
Grama	J	$4,26 \times 10^3$	LU <i>et al.</i> , 2006
Infiltração da água no solo	m ³	$6,85 \times 10^{11}$	BUENFIL, 2001
Irradiação solar	J	1	ODUM, 1996
Mão de obra	J	$4,30 \times 10^6$	COELHO <i>et al.</i> , 2002
Mata alta	J	$5,54 \times 10^3$	LU <i>et al.</i> , 2006
Mudas (árvores)	J	$4,58 \times 10^3$	LU <i>et al.</i> , 2011
Mudas (flores)	J	$4,17 \times 10^3$	LU <i>et al.</i> , 2011
Mudas (grama)	J	$4,24 \times 10^3$	LU <i>et al.</i> , 2006
Papel	kg	$2,38 \times 10^9$	MEILLAUD <i>et al.</i> , 2005
Plástico	kg	$5,76 \times 10^9$	BURANAKAM, 2003
Produtos químicos	kg	$6,38 \times 10^8$	ODUM, 1996
Solo ocupado	J	$1,24 \times 10^5$	ODUM, 1996
Vento	J	$2,45 \times 10^3$	ODUM, 1996

* base utilizada: $15,83 \times 10^{24}$ seJ/ano (ODUM *et al.*, 2000)

4.2. Coleta de dados

Em julho de 2010 foi assinado um Termo de Cooperação entre a Prefeitura do Município de São Paulo (PMSP), por meio da SVMA e a Universidade Paulista (UNIP), com o objetivo de promover o desenvolvimento do projeto de pesquisa denominado Avaliação dos Serviços Ambientais dos Parques no Município de São Paulo. O termo de cooperação encontra-se no anexo III.

No ano de 2005, o município de São Paulo contava com 34 parques implantados. No final de 2008 este número subiu para 51, e atualmente a distribuição no município é a descrita na tabela 2 (PMSP, 2013). Para realização deste trabalho, a SVMA forneceu os dados de 20 grupos, contabilizando 73 parques.

Para o levantamento de dados das fontes renováveis e não renováveis foram

utilizados também sites da Prefeitura do Município de São Paulo, do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica de Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). O *Google Earth* foi utilizado para complementar as informações da SVMA quanto às áreas verdes, áreas cobertas com vegetação (nativa ou plantada) e áreas de gramado. A figura 1 ilustra um exemplo da utilização desta ferramenta.

Tabela 2. Distribuição por região de período dos parques municipais de São Paulo

Macrorregião	Existentes em 2005	Situação novembro/2012
Zona Leste	7 parques	27 parques
Zona Norte	7 parques	15 parques
Zona Centro-Oeste	10 parques	21 parques
Zona Sul	10 parques	27 parques
TOTAL	34 parques	90 parques

Fonte: Prefeitura Municipal de São Paulo – PMSP (2013).



Figura 1. Vista aérea do Parque Tenente Siqueira Campos (Trianon) retirada do Google Earth

4.3. Indicadores de energia

a) Indicador de investimento em energia – *Energy Investment Ratio* (EIR)

O indicador de investimento em energia (EIR) é a razão entre o fluxo de energia vindo da economia (F) e os fluxos do ambiente renováveis ou não renováveis (R+N) (equação 1). Este indicador permite avaliar o investimento do município e da natureza para a existência/operação dos parques. Um baixo valor para este índice indica que o ambiente fornece mais recursos do que a economia.

$$EIR = \frac{F}{R + N} \quad (1)$$

b) Indicador de rendimento em energia – *Energy Yield Ratio* (EYR)

O indicador de rendimento em energia (EYR) é a razão entre energia total ($R + N + F$) e a energia dos insumos provenientes da economia (F) (equação 2). Esse indicador é utilizado para avaliar a contribuição em energia dos parques urbanos para o município. Valores altos indicam que o retorno para o município é superior ao investido. O valor mínimo é a unidade (1) que ocorre quando a contribuição da natureza é nula, $R+N=0$. A diferença entre o valor deste indicador e a unidade ($EYR=1$) mede a contribuição do meio ambiente para a existência/operação do local.

$$EYR = \frac{R + N + F}{F} \quad (2)$$

c) Indicador de carga ambiental - *Environmental Load Ratio* (ELR)

O indicador de carga ambiental (ELR) é a razão entre os fluxos provenientes da economia e não renováveis ($F+N$) e os fluxos renováveis (R) (equação 3). Esse indicador avalia a pressão que os fluxos requeridos para a existência/operação exercem no meio ambiente.

$$ELR = \frac{N + F}{R} \quad (3)$$

d) Índice de sustentabilidade ambiental - *Environmental Sustainability Index* (ESI)

O índice de sustentabilidade (ESI) é a razão entre o aproveitamento dos recursos (EYR) e carga ambiental (ELR) (BROWN e ULGIATI, 1997) (equação 4). Este índice permite avaliar a maximização da contribuição para o município e a minimização do estresse causado pelos fluxos requeridos para a implantação e operação dos parques. Quanto maior o aproveitamento dos recursos e menor a carga ambiental, maior será o índice de sustentabilidade.

$$ESI = \frac{EYR}{ELR} \quad (4)$$

Segundo Brown e Ulgiati (1997), o índice de sustentabilidade ESI pode ser interpretado como: ESIs menores que 1 indicam processos não sustentáveis e ESIs maiores que 1 indicam produtos e processos que dão contribuições sustentáveis para o meio ambiente. A sustentabilidade, em médio prazo, caracteriza-se por um ESI entre 1 e 5, enquanto que sustentabilidade em longo prazo tem ESIs maiores que 5.

e) Emdolar (Em\$)

A relação entre energia e moeda (EMR) é calculada dividindo-se a energia do local dividido por seu PIB em determinado ano. Com esta razão, é possível converter e avaliar cada fluxo em energia do sistema na forma monetária, o emdolar (Em\$). O valor do emdolar que se obtém dividindo-se o valor de energia de cada fluxo pelo EMR, pode ser empregado para estimar o valor em energia gasto no suporte da atividade humana (ODUM, 1996). Neste trabalho utilizou-se o EMR do Estado de São Paulo $1,7 \times 10^{12}$ seJ/ano (DEMÉTRIO, 2011).

4.4. Diagrama ternário

A ferramenta gráfica descrita por Giannetti *et al.* (2005) foi utilizada neste trabalho para auxiliar a interpretação dos resultados obtidos na contabilidade em energia. A ferramenta gráfica utiliza as propriedades do triângulo equilátero e cada vértice representa um fluxo de energia (R, N e F), expressos em joules de energia solar (seJ). As combinações dos três fluxos são representadas por pontos interiores do triângulo (figura 2). O valor percentual de cada fluxo é dado pela medida do segmento perpendicular que une o ponto e a lateral oposta ao vértice do fluxo a ser estudado. A ferramenta permite a comparação, a avaliação e a análise em energia entre os parques urbanos da cidade de São Paulo. Uma descrição completa da ferramenta gráfica é encontrada em Barrella *et al.*, 2005 e Giannetti *et al.*, 2005. Exemplos de aplicação podem ser encontrados em Giannetti *et al.*, 2007.

Segundo Brown e Ulgiati (2002), valores de ELR abaixo ou próximos de 2 indicam baixo impacto ambiental, valores de ELR maiores que 2 e menores que 10 indicam carga ambiental moderada e ELR maiores que 10 indicam relativa concentração de carga ambiental. Sistemas que possuem EYR menores que 2 não fornecem contribuições consideradas como fontes para os sistemas em que estão inseridos, apenas representam

etapas na transformação das fontes de energia. Na figura 3 pode-se visualizar três regiões distintas para o índice de carga ambiental (ELR) e para o índice de rendimento (EYR).

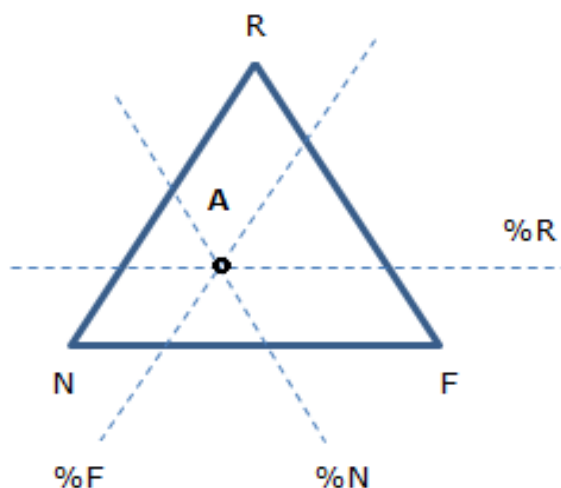


Figura 2. Ponto no interior no diagrama ternário (%R, %N e %F)

A figura 3 apresenta duas linhas que partem do vértice N (não renováveis) que dividem o triângulo em três regiões denominadas áreas de sustentabilidade. As divisões por regiões permitem comparação entre a sustentabilidade em cada um dos parques em estudo, levando-se em conta a relação entre o rendimento de cada um e a carga ambiental imposta pelo consumo de recursos.

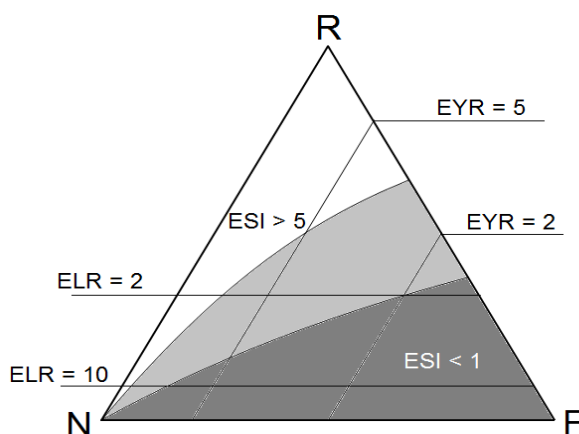


Figura 3. Triângulo ternário: EYR, ELR e ESI por região

Neste trabalho foram empregados os intervalos para os valores de EYR e ELR publicados na literatura com a seguinte classificação para o desempenho dos parques urbanos (tabela 3).

Tabela 3. Intervalos estabelecidos para os valores dos indicadores EYR e ELR e suas classificações para este trabalho

Indicadores	Classificação
EYR < 2	Pequena contribuição de energia para o município
2 < EYR < 5	Moderada contribuição de energia para o município
EYR > 5	Grande contribuição de energia para o município
ELR < 2	Baixa carga ambiental
10 < ELR < 2	Moderada carga ambiental
ELR > 10	Alta carga ambiental

A tabela 4 fornece a classificação adotada neste trabalho para o índice de sustentabilidade (BROWN E ULGIATI, 2002).

Tabela 4. Classificação estabelecida para os valores do indicador ESI adotados neste trabalho

Indicador	Classificação
ESI < 1	O parque não contribui para a sustentabilidade do município
1 < ESI < 5	O parque contribui moderadamente para a sustentabilidade do município
ESI > 5	O parque contribui para a sustentabilidade do município

4.5. Serviços ambientais

A figura 4 mostra esquematicamente os serviços ambientais avaliados neste trabalho. Foi observado que as áreas verdes dos parques urbanos da cidade de São Paulo são formadas principalmente por gramados, Mata Atlântica previamente existente em menor proporção e área de árvores plantadas. O conjunto de Mata Atlântica e árvores plantadas é chamado, neste trabalho, de mata alta. A variação, entre um local e outro, está nas proporções de cada tipo de vegetação e na proporção de área construída.

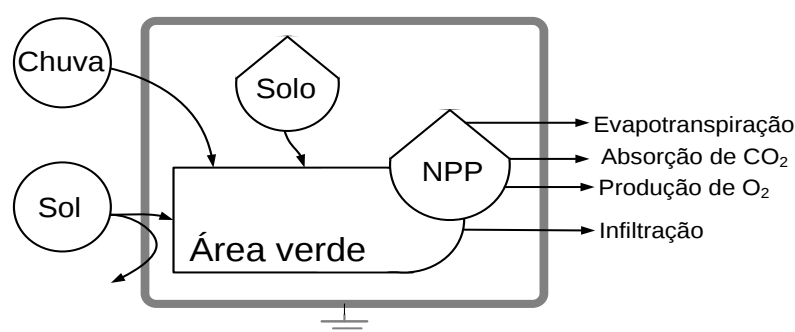


Figura 4. Representação esquemática dos serviços ambientais calculados para as áreas verdes dos parques urbanos da cidade de São Paulo

4.5.1. Produção Primária Líquida (NPP)

A produção primária bruta corresponde ao total de matéria orgânica produzida em determinado tempo e área. A produção primária líquida (NPP) é a diferença entre a produção primária bruta e a quantidade de matéria orgânica consumida na respiração das plantas durante determinado período de tempo e área.

A equação 5 expressa a energia da NPP que é o produto entre a área e a energia da massa seca por unidade de tempo e área. Foram efetuados cálculos separados para a mata alta e para a área gramada, devido aos diferentes valores da energia de massa seca para cada tipo de vegetação. A energia da massa seca utilizada no cálculo da energia da produção primária líquida (NPP) para mata alta foi de $2,16 \times 10^7$ J/ano m^2 (LU *et al.*, 2006), e a energia de massa seca utilizada no cálculo da NPP da grama foi de $7,60 \times 10^6$ J/ano m^2 (LU *et al.*, 2006).

$$\text{Energia}_{\text{NPP}} = \text{área verde} \left(m^2 \right) \times \text{energia da massa seca} \left(\frac{J}{m^2 \text{ano}} \right) \quad (5)$$

A energia da NPP é o produto entre a energia da produção primária líquida (NPP) e a energia por unidade (UEV, *Unit Energy Value*) (equação 6). A energia por unidade (UEV) usada neste trabalho para a mata alta foi de $5,54 \times 10^3$ seJ/J e da grama $4,26 \times 10^3$ seJ/J (LU *et al.*, 2006).

$$\text{Energia}_{\text{NPP}} = \text{Energia}_{\text{NPP}} \left(\frac{J}{\text{ano}} \right) \times \text{UEV} \left(\frac{\text{seJ}}{J} \right) \quad (6)$$

A energia total da NPP é a soma da energia da NPP da mata alta e a energia da NPP da grama (equação 7).

$$\text{Energia}_{\text{NPP}} = \text{Energia}_{\text{mata alta}} \left(\frac{\text{seJ}}{\text{ano}} \right) + \text{Energia}_{\text{grama}} \left(\frac{\text{seJ}}{\text{ano}} \right) \quad (7)$$

4.5.1.1 Quantidade de fixação de CO₂ e produção do O₂ nos parques municipais

A equação 8 ilustra a quantidade de biomassa produzida em cada um deles. Neste trabalho utilizou-se o valor de 1.150 g/ m^2 ano para a massa seca da mata alta (LU *et al.*, 2006) e 2.980 g/ m^2 ano para a grama (LU *et al.*, 2006).

$$\text{Quantidade}_{\text{biomassa}} = \text{área verde (m}^2\text{)} \times \text{massa seca} \left(\frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ano}} \right) \quad (8)$$

As equações 9 e 10 ilustram os cálculos para a quantidade de CO₂ fixado e a quantidade de O₂ produzidos em cada um.

$$\text{Quantidade}_{\text{CO}_2 \text{ fixado}} = \text{quantidade de biomassa} \left(\frac{\text{g}}{\text{ano}} \right) \times 0,614 \quad (9)$$

$$\text{Quantidade}_{\text{O}_2 \text{ produzido}} = \text{quantidade}_{\text{CO}_2 \text{ fixado}} \left(\frac{\text{g}}{\text{ano}} \right) \times \frac{44}{32} \quad (10)$$

O valor 0,614 foi publicado por Liu *et al.* (2009) como sendo o coeficiente de transformação de CO₂ para biomassa e foi retirado de Muchun (1981). Um grama de carbono equivale a 3,67 gramas de CO₂ (obtido em razão dos pesos moleculares do carbono e do CO₂, de 12/44). Para calcular a quantidade de CO₂ emitido ou armazenado a partir da quantidade de carbono de um determinado depósito deve-se multiplicar esta quantidade por 3,67. Por sua vez, se estima que 45% da biomassa vegetal é carbono (ALEGRE *et al.*, 2000). Neste trabalho, utilizou-se o valor publicado por Liu *et al.* (2009), que corresponde a 44,8% de carbono na biomassa.

As equações 11 e 12 são utilizadas para o cálculo da obtenção da energia de fixação de CO₂ e a energia de produção de O₂.

$$\text{Energia}_{\text{CO}_2 \text{ fixado}} = \text{energia da biomassa (NPP)} \left(\frac{\text{J}}{\text{ano m}^2} \right) \times 0,614 \quad (11)$$

$$\text{Energia}_{\text{O}_2 \text{ produzido}} = \text{energia da biomassa (NPP)} \left(\frac{\text{J}}{\text{ano m}^2} \right) \times \frac{44}{32} \quad (12)$$

4.5.1.2 Energia por unidade da fixação de CO₂ e da produção de O₂ da mata alta e da grama

A energia por unidade da fixação de CO₂ (UEV fixação de CO₂) é calculada pela razão entre a energia da produção primária líquida (NPP) e a energia da produção primária líquida (NPP), multiplicados por 0,614 (equação 13).

$$UEV_{\text{Fixação de CO}_2} = \frac{\text{Energia}_{\text{NPP}} \times 0,614}{\text{Energia}_{\text{NPP}}} \quad (13)$$

A energia por unidade da produção de O₂ (UEV produção de O₂) é calculada pelo produto da energia por unidade da fixação de CO₂ e a massa molecular do O₂ (equação 14).

$$UEV_{\text{Produção de O}_2} = \frac{\text{Energia}_{\text{NPP}} \times 0,614}{\text{Energia}_{\text{do NPP}}} \times \frac{44}{32} \quad (14)$$

4.5.1.3. Evapotranspiração

A evaporação é o fenômeno pelo qual uma substância passa da fase líquida para a fase gasosa e ocorre tanto numa massa contínua (mar, lago, rio) como numa superfície úmida (planta, solo). A transpiração é a evaporação da água que foi utilizada nos diversos processos metabólicos necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Numa superfície vegetada estes dois processos, que ocorrem simultaneamente, são controlados pela disponibilidade de energia e pelo suprimento de água do solo às plantas. Neste trabalho calculou-se a evapotranspiração que é um fenômeno que quantifica em um único processo a evaporação e a transpiração nestes sistemas.

A equação 15 expressa o volume de evapotranspiração em uma determinada área. O volume de evapotranspiração é o produto entre o índice de evapotranspiração e a área. Foram efetuados cálculos separados para a mata alta e para a área gramada, devido aos diferentes valores do índice de evaporação de cada tipo de vegetação e às áreas de cada tipo de vegetação que diferem em cada parque. O índice de evapotranspiração utilizado para a mata alta foi 1006,2 mm/ano (CICCO, 2009) e para a grama foi de $8,321 \times 10^{-1}$ m/ano (LU *et al.*, 2006).

$$\text{Volume}_{\text{Evapo}} = \text{índice}_{\text{Evapo}} \left(\frac{\text{m}}{\text{ano}} \right) \times \text{área} (\text{m}^2) \quad (15)$$

A energia da evapotranspiração (equação 16) é o produto entre o volume total de evapotranspiração e a energia livre de Gibbs. O valor da energia livre de Gibbs é igual a $4,94 \times 10^6$ J/m³ (ODUM, 1996).

$$\text{Energia}_{\text{Evapo}} = \text{Volume}_{\text{Evapo}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{ano}} \right) \times \text{Energia Livre de Gibbs} \left(\frac{\text{J}}{\text{m}^3} \right) \quad (16)$$

A equação 17 fornece a emergia da evapotranspiração de cada local e é o produto entre a energia da evapotranspiração e a sua emergia por unidade (UEV). O valor da emergia por unidade (UEV) da evapotranspiração usada neste trabalho é $2,69 \times 10^4$ seJ/J (ODUM, 1996).

$$\text{Emergia}_{\text{Evapo}} = \text{Energia}_{\text{Evapo}} \times \text{UEV}_{\text{Evapo}} \quad (17)$$

A emergia total de evapotranspiração foi obtida pela soma das emergias calculadas para a evapotranspiração da mata alta e da área gramada (equação 18).

$$\text{Emergia Total}_{\text{Evapo}} = \text{Emergia}_{\text{Evapo (mata alta)}} + \text{Emergia}_{\text{Evapo (grama)}} \quad (18)$$

4.5.2. Infiltração de água no solo

A infiltração da água no solo consiste na passagem de água da superfície para o interior do solo. Muitos fatores influenciam no processo de infiltração, entre eles o tipo de solo, a umidade do solo e a presença de cobertura vegetal. A equação 19 expressa o volume de infiltração da água no solo calculada para cada instalação em estudo e representa a diferença entre o volume de chuva (real) e o volume de evapotranspiração.

$$\text{Volume}_{\text{Infiltração}} = \text{Volume}_{\text{Precipitação}} - \text{Volume}_{\text{Evapo}} \quad (19)$$

A equação 20 expressa o volume de chuva (real). Entende-se por chuva real a diferença entre a precipitação média e o escoamento superficial (*runoff*). A precipitação média mensal na cidade de São Paulo é de 145 mm/mês (CPTEC, 2011). O escoamento superficial nos parques representa 10% da precipitação total (CARVALHO *et al.*, 2006).

$$\text{Volume}_{\text{chuva real}} = \text{precipitação} \left(\frac{\text{L}}{\text{m}^2 \text{mês}} \right) \times \text{área} (\text{m}^2) \times \left(12 \times \frac{\text{mês}}{\text{ano}} \times \frac{\text{m}^3}{1000\text{L}} \right) \quad (20)$$

A emergia da infiltração da água no solo (equação 21) é o produto entre o volume total de infiltração e a unidade por emergia. A unidade por emergia (UEV) da infiltração utilizada neste trabalho foi de $6,85 \times 10^{11}$ seJ/m³ (BUENFIL, 2001).

$$\text{Emergia}_{\text{Infiltração}} = \text{Volume}_{\text{Infiltração}} \times \text{UEV}_{\text{Infiltração}} \quad (21)$$

4.6. Indicadores para comparação/classificação de parques urbanos

Como o intuito deste trabalho é verificar e comparar os serviços ambientais dos parques urbanos do município, os recursos da economia foram incluídos no cálculo das UEVs para avaliar a eficiência na provisão destes serviços (figura 5). A variação, entre um e outro, está nas proporções de cada tipo de vegetação e na proporção de área construída. Desta forma, as UEV*s incluem a parcela de recursos provenientes da economia de cada um como componente dos custos para fornecimento dos serviços ambientais.

As características da vegetação presente nas áreas verdes dos parques urbanos da cidade de São Paulo são semelhantes, entretanto, em cada parque estas áreas são mantidas em conjunto com a área construída que varia em cada um deles. O investimento do município, ou a necessidade de recursos provenientes da economia (F) para a manutenção e, consequentemente a manutenção dos serviços ambientais por ele produzidos, varia em função das características próprias de cada parque. A eficiência para a fixação de CO_2 ou para a produção de O_2 de cada um, considerado o conjunto área verde-área social, varia de acordo com a infraestrutura existente. Desta forma, calculou-se energia por unidade (UEV*) com o intuito de estimar a eficiência da fixação de CO_2 (equação 22) e da produção de O_2 (equação 23) de acordo com a configuração de cada parque.

$$UEV^*_{\text{Fixação de } CO_2} = \frac{(Em_{NPP} + Em_F) \times 0,614}{Energia_{NPP}} \quad (22)$$

$$UEV^*_{\text{Produção de } O_2} = \frac{(Em_{NPP} + Em_F) \times 0,614}{Energia_{NPP}} \times \frac{44}{32} \quad (23)$$

Onde Em_{NPP} é a energia do produto líquido anual de biomassa, a Em_F é a energia da fonte proveniente da economia de cada parque.

Da mesma forma, calculou-se a eficiência de cada um deles com relação à evapotranspiração e à infiltração da água no solo (equações 24 e 25).

$$UEV^*_{\text{Evapo}} = \frac{Em_{\text{Evapo}} + Em_F}{Energia_{\text{Evapo}}} \quad (24)$$

$$UEV_{Infiltra\tilde{c}ao} = \frac{Em_{Infiltra\tilde{c}ao} + Em_F}{Energia_{Infiltra\tilde{c}ao}} \quad (25)$$

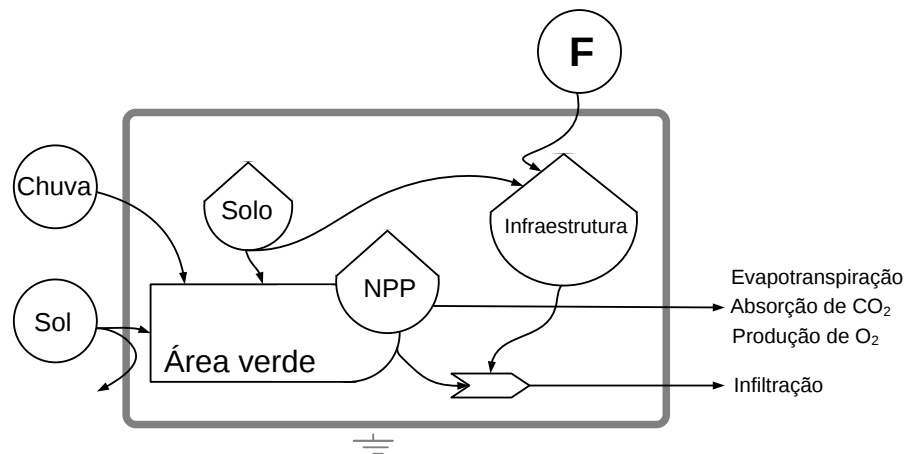


Figura 5. Representação esquemática dos serviços ambientais calculados para os parques urbanos da cidade de São Paulo

4.7. Produtividade global

Definiu-se a produtividade global (GP) como sendo o inverso da emergia por unidade, ou seja, a razão entre a energia e a emergia. Quanto maior o valor da produtividade global mais eficiente é o processo ou produto. A produtividade global inclui todos os recursos da biosfera (Bonilla *et al.*, 2009).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Contabilidade em energia

A figura 6 ilustra o diagrama de fluxos para o sistema estudado, onde se podem observar que os fluxos renováveis são o sol, a chuva, o vento e a energia geotérmica, o fluxo não renovável é a matéria orgânica do solo e os provenientes da economia (mudas, mão de obra, equipamentos). No sistema existem estoques de biomassa e espécies (animais e vegetais), um produtor de biomassa (área verde), a infraestrutura representada por: pista de *Cooper* e caminhada, brinquedos, pistas de *skate*, aparelhos de ginástica, museus etc.. Na saída do sistema verificam-se os serviços ambientais, lazer e qualidade de vida, que são os produtos dos parques para a cidade de São Paulo.

Como exemplo do modelo de cálculo para a construção das tabelas de contabilidade em energia, utilizou-se o Parque Tenente Siqueira Campos (Trianon). O procedimento completo é apresentado no anexo IV. Foram construídas 73 tabelas com a contabilidade em energia dos parques em estudo no município. As tabelas completas podem ser encontradas no anexo V (disponível em DVD). Para exemplificar a avaliação em energia efetuada em cada parque, a tabela 5 mostra os fluxos renováveis, os fluxos não renováveis e os fluxos provenientes da economia utilizados na implantação e operação do Parque Trianon, o Parque Tenente Siqueira Campos, situado na região Centro-Oeste da cidade de São Paulo. Possui 48.600m² de área total, com 47.600m², ou 98% de área verde, é equipado com aparelhos de ginástica, pista de *Cooper* e caminhada, *playgrounds*, e tem como destaque esculturas de artistas renomados como Victor Brecheret e Francisco Leopoldo Silva (PMSP, 2011).

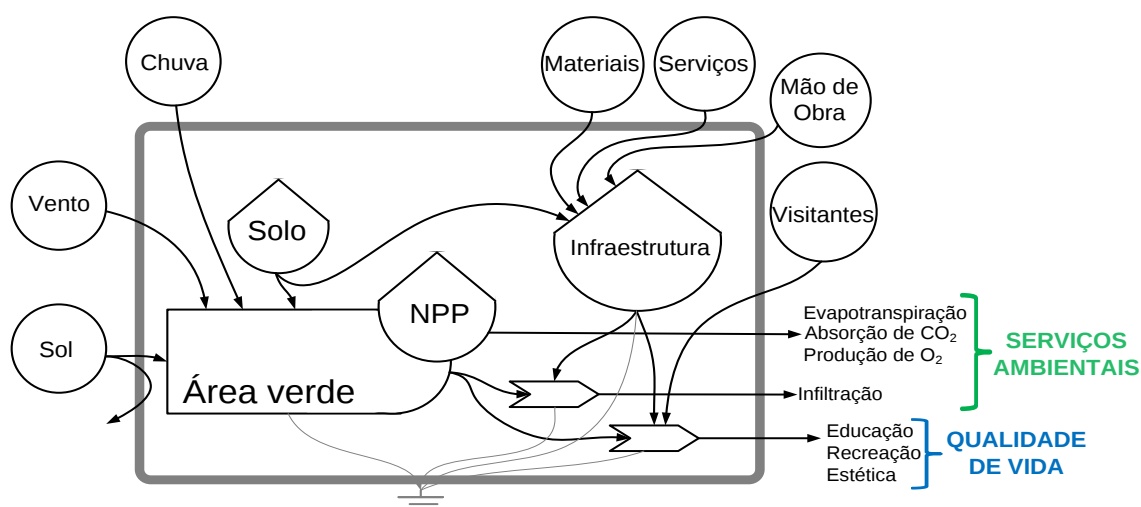


Figura 6. Diagrama de fluxos dos parques municipais de São Paulo

Tabela 5. Contabilidade em energia do Parque Trianon

Parque Trianon					
	Unidade	Energia (unidade/ano)	Energia por unidade (seJ/unidade)	Energia (seJ/ano)	% total de energia
Implantação					
Provenientes da Economia (F)					
Concreto	g	$7,73 \times 10^6$	$1,54 \times 10^9$	$1,19 \times 10^{16}$	14%
Aço	g	$3,09 \times 10^5$	$2,77 \times 10^9$	$8,56 \times 10^{14}$	1%
Brita	g	$2,45 \times 10^6$	$1,68 \times 10^9$	$4,12 \times 10^{15}$	5%
Mudas	J	$2,00 \times 10^8$	$4,58 \times 10^3$	$9,16 \times 10^{11}$	<1%
Total dos recursos provenientes da economia (F)				$1,69 \times 10^{16}$	20%
Operação					
Renováveis (R)					
Irradiação solar*	J	$1,97 \times 10^{14}$	1	$1,97 \times 10^{14}$	<1%
Vento*	J	$3,18 \times 10^{11}$	$2,45 \times 10^3$	$7,79 \times 10^{14}$	1%
Chuva (Química)	J	$4,18 \times 10^{11}$	$3,05 \times 10^4$	$1,27 \times 10^{16}$	16%
Chuva (Geopotencial)	J	$7,46 \times 10^9$	$4,70 \times 10^4$	$3,51 \times 10^{14}$	<1%
Energia Geotérmica	J	$7,66 \times 10^{10}$	$1,49 \times 10^4$	$1,14 \times 10^{15}$	1%
Total dos recursos renováveis(R)				$1,42 \times 10^{16}$	18%
Não renováveis (N)					
Solo ocupado	J	$4,52 \times 10^6$	$1,24 \times 10^5$	$5,60 \times 10^{11}$	<1%
Total dos recursos não renováveis (N)				$5,60 \times 10^{11}$	<1%
Provenientes da economia (F)					
Aço (equipamentos)	kg	2541,67	$4,15 \times 10^9$	$1,05 \times 10^{13}$	<1%
Algodão	kg	2,97	$1,44 \times 10^6$	$4,28 \times 10^6$	<1%
Mão de obra	J	$1,16 \times 10^{10}$	$4,30 \times 10^6$	$4,99 \times 10^{16}$	62%
Mudas (árvores)	J	$2,53 \times 10^9$	$4,58 \times 10^3$	$1,16 \times 10^{13}$	<1%
Papel	kg	206,33	$2,38 \times 10^9$	$4,91 \times 10^{11}$	<1%
Plástico	kg	419,56	$5,76 \times 10^9$	$2,42 \times 10^{12}$	<1%
Produtos químicos	kg	378,32	$6,38 \times 10^8$	$2,41 \times 10^{11}$	<1%
Total dos recursos provenientes da economia (F)				$4,99 \times 10^{16}$	62%
Total (R+N+F)				$8,10 \times 10^{16}$	100%

*os fluxos provêm de uma mesma fonte e não foram contabilizados para que não ocorra dupla contagem.

Os resultados apresentados na tabela 5 mostram que 20% da energia total foi utilizada na implantação. Os recursos renováveis e os provenientes da economia representam 18% e 62%, respectivamente, do total dos recursos necessários para a operação do Parque Trianon. A contribuição dos recursos não renováveis é menor que 1%. A chuva química representa 16% do total de energia, sendo o recurso natural mais importante. A mão de obra representa 62% da energia total, com 12 funcionários, um percentual maior que o da contribuição dos recursos renováveis (18%), mostrando que o local depende mais dos recursos provenientes da economia do que dos recursos naturais gratuitos.

5.2. Índices de energia e o custo em emdolar por metro quadrado

A tabela 6 mostra os recursos renováveis (R), não renováveis (N), recursos provenientes da economia (F), o valor do $Em\$(Y)/m^2$ e os indicadores tradicionais empregados pela metodologia (ODUM, 1996) dos 73 parques em estudo da cidade de São Paulo.

Tabela 6. Recursos renováveis, não renováveis, provenientes da economia, emdolar por m^2 e os indicadores tradicionais de Odum(1996), ordenados pelo ESI

Parques	R ($\times 10^{17} \frac{seJ}{ano}$)	N ($\times 10^{13} \frac{seJ}{ano}$)	F ($\times 10^{17} \frac{seJ}{ano}$)	$(\frac{Em(Y)\$}{m^2})$	EIR	EYR	EL R	ESI
Anhanguera	28,57	0,41	2,29	0,19	0,0	13,5	0,08	168,7
Linear Cocaia	3,72	0,07	0,33	0,24	0,0	12,1	0,09	134,8
Nove de Julho	1,50	0,14	0,86	0,28	0,5	2,76	0,57	4,84
Orlando Villas Boas	1,49	0,15	1,02	2,69	0,6	2,47	0,68	3,61
Vila do Rodeio	1,84	0,14	1,52	0,32	0,8	2,21	0,82	2,69
Cemucam	1,47	0,18	1,49	0,35	1,0	1,98	1,02	1,95
Linear Castelo	0,31	0,02	0,44	0,43	1,4	1,70	1,43	1,19
Luiz Carlos Prestes	0,74	0,16	1,09	3,97	1,4	1,67	1,48	1,13
Alfredo Volpi	0,42	0,01	0,84	0,52	2,0	1,50	2,01	0,75
Ciência	0,56	0,14	1,25	0,57	2,2	1,45	2,22	0,65
Linear Água Vermelha	0,37	0,14	0,85	0,58	2,2	1,44	2,28	0,63
Santo Dias	0,40	0,11	0,92	0,58	2,3	1,43	2,30	0,62
Linear Itaim	0,18	0,04	0,45	0,62	2,4	1,40	2,49	0,56
Guarapiranga	0,46	0,06	1,20	0,64	2,6	1,38	2,63	0,53
Previdência	0,27	0,07	0,72	0,63	2,6	1,37	2,67	0,51
Guanhembú	0,22	0,04	0,62	0,68	2,8	1,35	2,88	0,47
Barragem Guarapiranga	0,26	0,20	0,87	0,76	3,3	1,30	3,31	0,39
Jardim Herculano	0,23	0,14	0,77	0,78	3,4	1,29	3,43	0,38
Shangrilá	0,23	0,14	0,80	0,80	3,5	1,28	3,54	0,36
Sete Campos	0,56	0,48	2,17	0,86	3,8	1,26	3,84	0,33
Pinheirinho D' Água	0,75	0,50	2,86	0,85	3,8	1,26	3,82	0,33
Linear Canivete	0,18	0,14	0,72	0,88	4,0	1,25	4,01	0,31
Linear Rapadura	0,21	0,14	0,90	0,93	4,2	1,23	4,27	0,29
Linear Sapé	0,07	0,02	0,29	0,90	4,2	1,24	4,22	0,29
Linear Tiquatira	0,96	1,23	4,03	0,92	4,2	1,24	4,22	0,29
Piqueri	0,29	0,17	1,27	0,95	4,3	1,23	4,37	0,28
Trianon	0,14	0,06	0,67	0,98	4,6	1,21	4,69	0,26
Jacques Cousteau	1,00	1,62	4,75	1,01	4,7	1,21	4,75	0,25
Sena	0,07	0,07	0,36	1,16	5,4	1,18	5,49	0,22
São Domingos	0,24	0,30	1,27	1,11	5,3	1,19	5,32	0,22
Raposo Tavares	0,57	0,90	3,02	1,08	5,3	1,19	5,30	0,22
Águas	0,23	0,68	1,28	1,16	5,6	1,18	5,65	0,21
Severo Gomes	0,10	0,07	0,61	1,21	5,8	1,17	5,85	0,20
Lajeado	0,11	0,14	0,63	1,20	5,8	1,17	5,84	0,20
Jardim Sapopemba	0,11	0,19	0,66	0,13	5,9	1,17	5,99	0,19
Cohab Raposo Tavares	0,15	1,36	3,46	3,91	6,4	1,15	6,49	0,18
Senhor do Vale	0,06	0,07	0,40	1,30	6,3	1,16	6,36	0,18
Linear do Fogo	0,09	0,16	0,62	1,39	6,9	1,15	6,90	0,17
Vila Guilherme	0,56	1,07	3,83	1,38	6,8	1,15	6,86	0,17
Lydia Natalizio Vila	0,18	0,29	1,21	1,36	6,7	1,15	6,76	0,17
Cidade Toronto	0,33	0,58	2,18	1,35	6,7	1,15	6,70	0,17
Linear Caulim	0,05	0,07	0,32	1,35	6,6	1,15	6,68	0,17

Tabela 6. (Continuação) Recursos renováveis, não renováveis, provenientes da economia, em dólar por m² e os indicadores tradicionais de Odum(1996), ordenados pelo ESI

Parques	R ($\times 10^{17} \frac{\text{seJ}}{\text{ano}}$)	N ($\times 10^{13} \frac{\text{seJ}}{\text{ano}}$)	F ($\times 10^{17} \frac{\text{seJ}}{\text{ano}}$)	Em(Y)\$ ($\frac{\text{m}^2}{\text{ano}}$)	EIR	EYR	ELR	ESI
Jardim Felicidade	0,09	0,08	0,62	1,45	7,21	1,14	7,21	0,16
Linear Mongaguá	0,18	0,34	1,28	1,43	7,15	1,14	7,15	0,16
Nabuco	0,09	0,08	0,66	1,42	7,05	1,14	7,05	0,16
Casa Modernista	0,04	0,04	0,28	1,46	7,33	1,14	7,33	0,15
Chácara das Flores	0,12	0,15	1,03	1,62	8,22	1,12	8,22	0,14
Consciência Negra	0,39	1,02	3,18	1,61	8,21	1,12	8,21	0,14
Linear Aricanduva	0,36	1,07	2,86	1,58	8,05	1,12	8,06	0,14
Cordeiro	0,10	0,16	0,88	1,69	8,64	1,12	8,64	0,13
Colina de São Francisco	0,14	0,20	1,23	1,65	8,62	1,12	8,63	0,13
Eucaliptos	0,05	0,04	0,39	1,68	8,52	1,12	8,52	0,13
Luz	0,33	0,66	2,79	1,62	8,46	1,12	8,46	0,13
Vila dos Remédios	0,32	0,88	2,95	1,75	9,27	1,11	9,27	0,12
Faria Lima	0,12	0,21	1,22	1,96	10,15	1,10	10,16	0,11
Buenos Aires	0,07	0,07	0,76	1,94	11,21	1,09	11,21	0,10
Rodrigo Gásperi	0,12	0,34	1,27	2,10	11,01	1,09	11,01	0,10
Lions Club - Tucuruvi	0,07	0,11	0,77	2,09	10,89	1,09	10,89	0,10
Benemérito Brás	0,06	0,14	0,81	2,32	12,52	1,08	12,52	0,09
Raul Seixas	0,10	0,23	1,19	2,29	12,07	1,08	12,07	0,09
M Boi Mirim	0,06	0,07	0,66	2,21	11,56	1,09	11,56	0,09
São José	0,23	1,07	3,08	2,47	13,22	1,08	13,22	0,08
Santa Amélia	0,10	0,32	1,29	2,41	12,82	1,08	12,83	0,08
Linear Parelheiros	0,05	0,17	0,61	2,41	12,77	1,08	12,78	0,08
Jacinto Alberto	0,12	0,56	1,90	2,90	15,73	1,06	15,73	0,07
Ermelino Matarazzo	0,02	0,05	0,24	2,90	15,65	1,06	15,65	0,07
Aclimação	0,32	1,09	4,65	2,61	14,33	1,07	14,33	0,07
Linear Guaratiba	0,09	0,45	1,40	3,01	16,42	1,06	16,43	0,06
Independência	0,48	0,22	10,83	4,12	22,40	1,04	22,41	0,05
Chico Mendes	0,02	0,19	0,95	0,93	39,51	1,03	39,55	0,03
Praia do Sol	0,05	0,81	2,51	8,40	49,67	1,02	49,75	0,02
Vila Silvia	0,01	0,17	0,60	8,21	48,10	1,02	48,16	0,02
Zilda Natel	0,01	0,11	0,56	14,08	86,18	1,01	86,32	0,01

5.2.1. Razão de investimento em energia (EIR)

O valor do EIR para o conjunto estudado é igual a 2. Este valor indica que o investimento do município para a manutenção e operação destes parques é maior que a contribuição da natureza. Os valores do investimento em energia variam de 0,08 a 86,2 e dependem da área de cada um deles, da quantidade de instalações para cultura e lazer e do número de funcionários.

Os valores de EIR, que variam em mais de 1000 vezes entre eles dentro do conjunto, mostram que a definição de áreas verdes públicas de Llardent (1982) se aplica ao modelo empregado pela SVMA do município. Segundo este modelo, os espaços livres públicos onde predominam áreas de vegetação (parques, jardins ou praças) são considerados parques urbanos, independentemente de sua área, instalações ou do tipo de vegetação (gramado ou arborizado). Observou-se que existem cinco parques em que o investimento da

natureza é maior do que a da economia. São eles, o Anhanguera (EIR = 0,08), o Linear Cocaia (EIR=0,09), o Nove de Julho (EIR=0,57), o Orlando Villas Boas (EIR=0,68) e o Vila do Rodeio (EIR=0,82). Estes caracterizam-se pela grande área verde em relação à área construída para lazer e infraestrutura, e o percentual de área verde é superior a 95% da área total.

O alto investimento do município, refletido em altos valores de EIR, pode ser decorrente de diversos motivos: alto investimento para implantação, grande quantidade de trabalhadores ou pequena área verde. Constatou-se na avaliação das tabelas de cada um deles (anexo V, disponível em DVD) que não há relação entre suas áreas (construída ou total) e a quantidade de mão de obra empregada em cada um deles. Desta forma, pode-se constatar que altos valores de EIR podem ser devido a duas possibilidades: (i) grande quantidade de área construída para lazer/cultura em relação à área verde, ou (ii) grande quantidade de mão de obra empregada. Exemplos de diferentes tipos com alto valor de EIR podem incluir os parques Independência, Chico Mendes, Vila Silvia e Praia do Sol. O Parque Independência, com EIR = 22,40, tem uma área de 161.300m², entretanto, este parque abriga o Museu Paulista, a Casa do Grito, uma praça para eventos, chafariz com fonte e cascata. O investimento em emergência da prefeitura para a implantação representa 90% da emergência total e a mão de obra, 6%. Apenas 4% da emergência total é proveniente dos recursos renováveis. O Parque Chico Mendes (EIR = 39,5), com área total de 61.600m², abriga um casarão para reuniões e exposições, um Centro de Convivência e um Telecentro. Na área de lazer tem-se churrasqueiras, quiosques, quadras de futebol, pista de *Cooper*, *playgrounds*, trilhas, nascentes, córregos e lago. A mão de obra representa 43% da emergência total, devido ao número de funcionários empregados na manutenção da infraestrutura. Apenas 2% do total de emergência é proveniente dos recursos renováveis. O Vila Silvia (EIR = 48,1) é um mirante que possibilita visualizar extensa parte da várzea do Rio Tietê (Parque Ecológico Tietê) e a área verde representa 31% da área total. Atualmente, conta com 4.400m² com uma sede administrativa, quadra poliesportiva, paraciclos, *playground*, área de convivência, vestiários com chuveiro e banheiros, edificação com cobertura para atividades socioambientais, sanitários, bancos, bebedouro. A mão de obra representa 21% da emergência total e a emergência para implantação corresponde a 77%. Apenas 2% da emergência total é proveniente dos recursos renováveis. Há previsão de implantação de 50.559m² de área verde para atender à população de um conjunto habitacional e que será monitorada pela associação de moradores. Já no parque Praia do Sol (EIR = 49,7), a área verde representa 20% da área total. A emergência de implantação representa 83% do total de emergência e a mão de obra para a manutenção, 15% da emergência total (anexo V). A área de 17.900m² representa apenas o primeiro trecho do Praia do Sol que ainda está em fase de

implantação. Ele está voltado à prática de esportes, lazer e contemplação e faz parte do grupo de parques da Orla da Guarapiranga.

5.2.2. Razão de rendimento em energia (EYR)

O valor do EYR dos 73 parques de São Paulo é igual a 1,5, o que indica que o conjunto estudado contribui com energia para o município com 50% daquela investida pelo município (F). O valor de EYR mostra o quanto pode ser apropriado de recursos locais gratuitos da natureza em função do recurso externo empregado (investimento do município, F). Quanto maior o valor de EYR de um sistema (parque), mais ele contribui com energia para o sistema econômico em que está inserido (município). O diagrama ternário mostra que poucos parques apresentam valores de EYR maiores que 2 (figura 7), o que confirma que a sociedade paulistana arca com os custos dos insumos necessários para manter estes parques em operação.

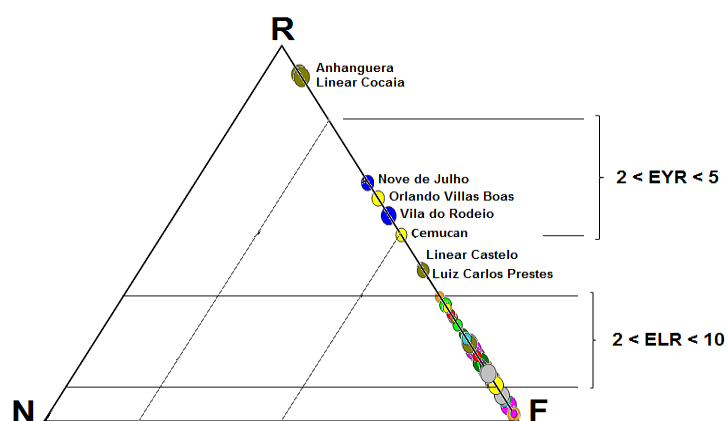


Figura 7. Diagrama ternário dos parques do município de São Paulo (indicadores EYR e ELR)

Os parques com EYR com valores próximos de um são aqueles que utilizam recursos da natureza, mas precisam de igual energia proveniente de fora do sistema para sua manutenção. Os parques Zilda Natel (EYR=1,01), Praia do Sol (EYR=1,02) e Vila Silvia (EYR=1,02) são exemplos. Nestes três, as áreas verdes totais representam 20% nos dois primeiros, e 31% no terceiro, e a prefeitura ou a sociedade fornecem os recursos restantes para as atividades de lazer. Dos 73 parques estudados, apenas cinco possuem EYR maiores que 2. Os dois parques que mais contribuem com recursos locais e gratuitos para o município são o Linear Cocaia e o Anhanguera. Proporcionalmente, na relação entre o investimento da sociedade e o da natureza, a sociedade investe menos para a manutenção destes parques.

A apropriação de R e N depende da extensão de área verde disponível em cada parque. O investimento F é, principalmente, derivado da quantidade de área construída, da quantidade de equipamentos disponíveis e da mão de obra empregada. Desta forma, de acordo com a metodologia empregada, pode-se sugerir que para o projeto de novos parques, a SVMA poderia considerar uma relação que permitisse a obtenção de indicadores favoráveis. Reconhece-se que, na maioria dos casos, aumentar a área verde disponível não é possível ou é de difícil execução. Entretanto, o aumento da contribuição relativa dos recursos locais gratuitos pode ocorrer com o aumento na eficiência do uso dos recursos da economia por meio da instalação adequada de área construída, equipamentos para lazer ou quantidade de mão de obra. Por outro lado, nos parques em que há maior quantidade de área gramada é possível investir no plantio para, no longo prazo, melhorar estes índices.

A ferramenta gráfica mostra que os parques Nove de Julho, Orlando Villas Boas e Vila do Rodeio apresentam rendimento em emergência maiores que 2 e menores que 5 (linhas paralelas ao lado oposto ao vértice F) e a maioria dos locais possuem carga ambiental maiores que 2 e menores de 10 (linhas paralelas ao lado oposto ao vértice R do triângulo).

5.2.3. Razão de carga ambiental (ELR)

O valor do ELR nos 73 parques do município de São Paulo é igual a 2. Este valor indica que eles apresentam carga ambiental de moderada para alta, e que a instalação de estruturas para lazer e recreação foi priorizada. O diagrama ternário mostra que a maioria apresenta valores de $2 < \text{ELR} < 10$, o que indica que, apesar de serem sistemas construídos e mantidos para reduzir a carga ambiental do município, as atividades de operação e manutenção ainda são fonte de um estresse ambiental moderado (figura 7). Dos 73 parques em estudo, oito possuem carga ambiental menor que 2: Luis Carlos Prestes (ELR=1,48), Linear Castelo (ELR=1,43), Cemucam (ELR=1,02), Anhanguera (ELR=0,08), Linear Cocaia (ELR=0,09), Nove de Julho (ELR=0,57), Orlando Villas Boas (ELR=0,68) e Vila do Rodeio (ELR=0,82). Quarenta e seis apresentam carga ambiental moderada e 19 parques possuem carga ambiental alta. Os cinco com maior carga ambiental são: Independência (ELR=22,41), Chico Mendes (ELR=39,55), Vila Silvia (ELR=48,16), Praia do Sol (ELR=49,75) e Zilda Natel (ELR=86,32).

5.2.4. Índice de sustentabilidade ambiental (ESI)

O valor do ESI para o conjunto estudado é igual a 0,75, o que mostra que este conjunto não contribui para a sustentabilidade do município, apesar de parques isolados

com grandes áreas verdes, apresentarem altos valores de ESI. O diagrama ternário da figura 8 mostra que os parques Linear Cocaia (ESI=134,88) e Anhanguera (ESI=168,75) apresentam sustentabilidade a longo prazo, pois nestes dois há alto rendimento em energia (EYR) e baixa carga ambiental (ELR). Considerando apenas o valor de ESI, os que podem contribuir moderadamente para a sustentabilidade da cidade são: Luiz Carlos Prestes (ESI=1,13), Linear Castelo (ESI=1,19), Cemucam (ESI=1,95), Vila do Rodeio (ESI=2,69), Orlando Villas Boas (ESI=3,61) e Nove de Julho (ESI=4,84). Levando em consideração apenas o índice de sustentabilidade, 65 apresentaram valores inferiores a 1, mostrando sistemas que não contribuem para a sustentabilidade do município.

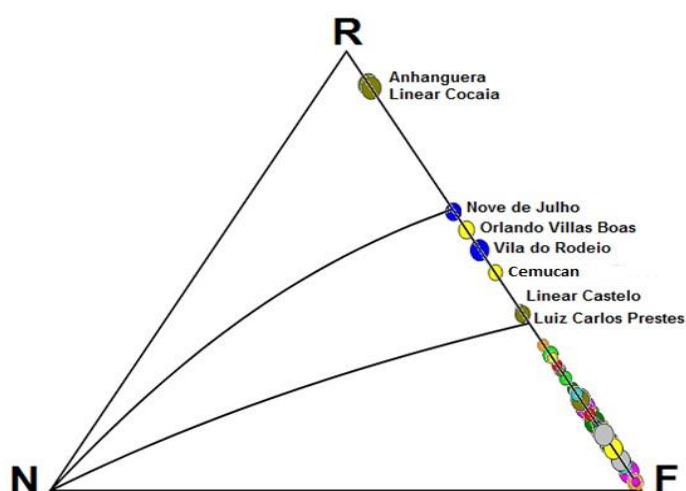


Figura 8. Diagrama Ternário (Índice de Sustentabilidade)

5.2.5. Emdolar por metro quadrado

O valor médio do emdolar contabilizado nos 73 parques do município de São Paulo é de 1,80 Em\$/m²ano. Cinquenta e três possuem valores abaixo desta média e, dentre estes, cinco apresentam os menores valores: Jardim Sapopemba (0,13 Em\$/m²ano), Anhanguera (0,19 Em\$/m²ano), Linear Cocaia (0,24 Em\$/m²ano), Nove de Julho (0,28 Em\$/m²ano) e Vila do Rodeio (0,32 Em\$/m²ano). Estes parques apresentam menor valor de energia proveniente do suporte da atividade econômica. Os cinco parques com os maiores valores do emdolar são: Luiz Carlos Prestes (3,97 Em\$/m²ano), Independência (4,12 Em\$/m²ano), Vila Silvia (8,21 Em\$/m²ano), Praia do Sol (8,40 Em\$/m²ano) e Zilda Natel (10,08 Em\$/m²ano). Estes apresentam maior contribuição em energia proveniente do suporte econômico do município. Levando em consideração os custos, conclui-se que os que melhor aproveitam os recursos da natureza são o Anhanguera e o Linear Cocaia e os que demandam maior investimento da prefeitura são os Zilda Natel e Vila Silvia (figura 8). É evidente que quanto maior a razão área verde e área construída, menor será o custo relativo

para o município, que, entretanto, deve lidar com a área disponível nos locais e com as demandas da sociedade por estruturas de lazer.

5.2.6. Indicadores para o conjunto dos 73 parques em estudo

A área total dos parques do município de São Paulo em estudo é de 1.770km², com um total de área verde de 17,4km². Contabilizando apenas a área verde dos parques em relação à área total do município tem-se um percentual de apenas 1%. O conjunto avaliado fornece a cada habitante da cidade apenas 1,55m² de área verde.

A figura 9 ilustra os índices de energia para o conjunto avaliado. O índice de rendimento em energia (EYR) é igual a 1,50, que indica que, apesar do valor registrado para a área verde por habitante, existe uma contribuição em energia para o município. O índice de carga ambiental (ELR) é igual a 2, o que indica carga moderada a alta, o índice de investimento (EIR) é igual a 2, enquanto o índice de sustentabilidade (ESI) é igual a 0,75 indicando que o sistema é fortemente dependente dos recursos fornecidos pelo município.

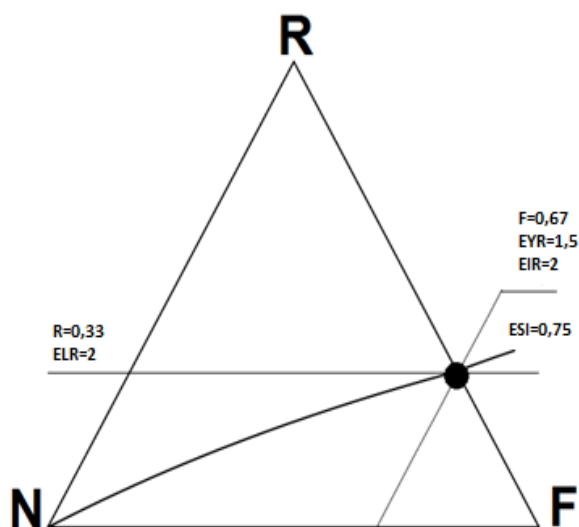


Figura 9. Triângulo ternário dos 73 parques municipais avaliados no município de São Paulo

A energia total dos recursos renováveis dos parques é de $5,45 \times 10^{18}$ seJ/ano, mas para que o total tenha $ESI > 1$, deveria haver um aumento de recursos renováveis de $1,30 \times 10^{18}$ seJ/ ano e para $ESI > 5$ de $1,41 \times 10^{19}$ seJ/ ano (figura 10).

Como a quantidade de recursos renováveis é diretamente proporcional à área verde dos parques (figura 11), pode-se estimar o aumento de áreas verdes no município para atingir as condições de ESI entre 1 e 5 com o auxílio da equação empírica 26:

$$\text{Recursos renováveis} = 3 \times 10^{11} \times \text{área verde} + 1 \times 10^{15} \quad (26)$$

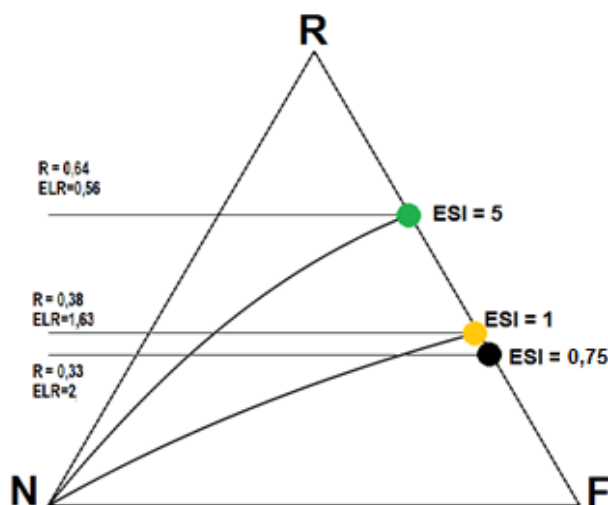


Figura 10. Diagrama ternário com o aumento de recursos renováveis

Para a obtenção de um índice de sustentabilidade (ESI) maior que 1, pode-se utilizar o diagrama ternário para estimar a quantidade de recursos renováveis requeridos ($1,30 \times 10^{18}$ seJ/ano) e estimar o aumento de área verde necessário utilizando a equação 26 em $AV_{ESI1} = (1,30 \times 10^{18} - 1 \times 10^{15}) \times 10^{-3} / 3 \times 10^{11} = 4,3\text{km}^2$ (ou 1,4% da área do município). Considerando que o município conta com $17,4\text{km}^2$ de área verde, seria necessário um aumento de 25%. A ampliação da área verde para que este conjunto de 73 parques atingisse $ESI = 1$, forneceria para cada habitante da cidade um total de $1,94\text{m}^2$ de área verde. Para a obtenção de um índice de sustentabilidade (ESI) maior que 5, a área verde deveria ser igual à $AV_{ESI5} = (1,41 \times 10^{19} - 1 \times 10^{15}) \times 10^{-3} / 3 \times 10^{11} = 47,0\text{km}^2$, ou seja um aumento de 2,7 vezes (ou 4,2% da área do município). Neste caso, a área verde por habitante fornecida por este conjunto seria ampliada para $3,16\text{m}^2$. Apesar de o valor de IAV = $12\text{m}^2/\text{habitante}$ buscado pelos legisladores do Estado de São Paulo (Lei nº. 13.580/2009) incluir a arborização de vias públicas, observa-se que para a cidade de São Paulo, densamente povoada, seria necessário instalar 134km^2 (9% da área do município) de áreas verdes ou oito conjuntos de parques equivalentes ao conjunto estudado. O valor do IAV recomendado, se atingido, poderia trazer mais benefícios à população da cidade. Entretanto, deve-se reconhecer as limitações e barreiras enfrentadas pelos tomadores de decisão, como a falta de espaço para instalação de novas áreas verdes e a pressão da população por áreas de lazer que complementem as áreas de contemplação.

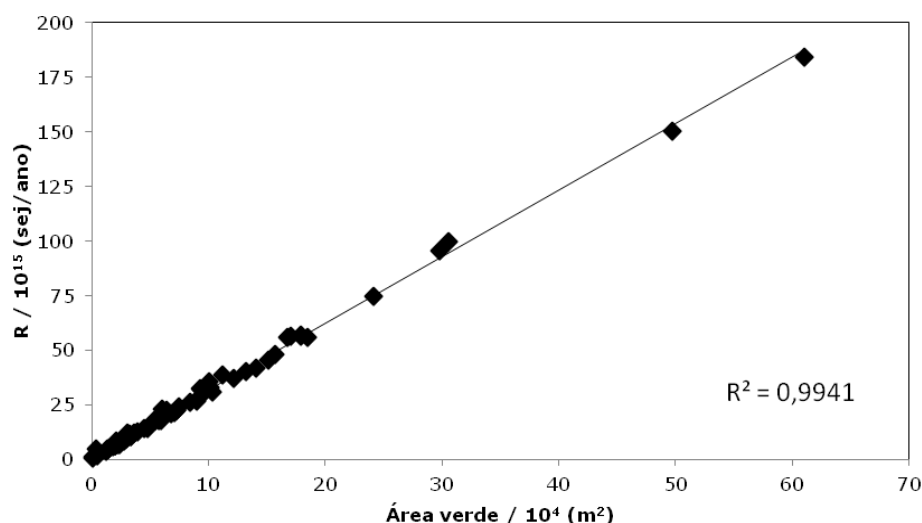
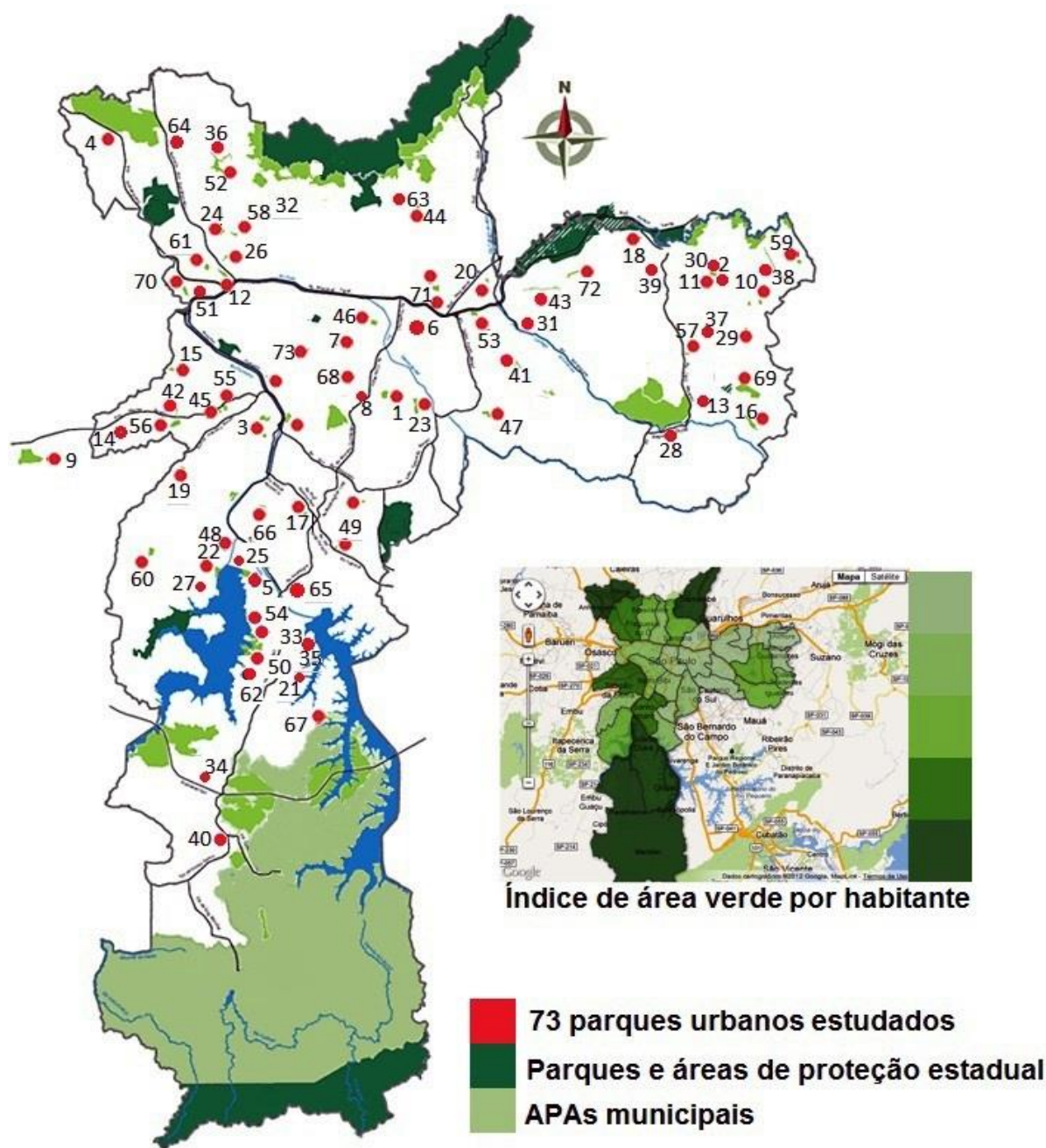


Figura 11. Recursos renováveis em função da área verde

A figura 12 mostra a distribuição dos parques estudados na área metropolitana e, no detalhe, um mapa que ilustra comparativamente a disponibilidade de área verde por habitante (PMSP - SVMA, 2012). Pode-se observar que a região Central e a região Leste são as que contam com menos parques e menos áreas verdes por habitante, com exceção de três distritos (São Mateus, Itaquera e Cidade Tiradentes). Nestas regiões está o Parque do Carmo gerido pelo Estado.

A área de cobertura vegetal do município é aproximadamente 40 vezes maior que a área verde dos 73 parques estudados (tabela 7), já que a PMSP contabiliza as áreas de proteção permanente, as áreas protegidas pelo Estado e a arborização de ruas e avenidas (SVMA, 2012). Entretanto, pode-se também observar na tabela 7, que as áreas marcadas em verde mais claro no detalhe da figura 12, apresentam os índices de cobertura vegetal mais baixo, em média 4,95m² por habitante. Desta forma, a prioridade para implantação de novos parques poderia ser estabelecida para estas regiões. Adicionando-se 4,3km² de parques (ESI = 1) neste conjunto de regiões, obtém-se IAV = 6,06m²/habitante e quando 47km² (ESI = 5) são distribuídos, obtém-se 17,1m²/habitante.



Fonte: PMSP - SVMA (2012).

Figura 12. Distribuição dos parques estudados no município. Detalhe: ilustração do índice de área verde por habitante (SVMA, 2012), onde: 1 - Aclimação; 2 - Águas; 3 - Alfredo Volpi; 4 - Anhanguera; 5 - Barragem Guarapiranga; 6 - Benemérito Brás; 7 - Buenos Aires; 8 - Casa Modernista; 9 - Cemucam; 10 - Chácara das Flores; 11 - Chico Mendes; 12 - Cidade Toronto; 13 - Ciência; 14 - Cohab Raposo Tavares; 15 - Colina de São Francisco; 16 - Consciência Negra; 17 - Cordeiro; 18 - Ermelino Matarazzo; 19 - Eucaliptos; 20 - Faria Lima; 21 - Guanembú; 22 - Guarapiranga; 23 - Independência; 24 - Jacinto Alberto; 25 - Jacques Cousteau; 26 - Jardim Felicidade; 27 - Jardim Herculano; 28 - Jardim Sapopemba; 29 - Lajeado; 30 - Linear Água Vermelha; 31 - Linear Aricanduva; 32 - Linear Canivete; 33 - Linear Castelo; 34 - Linear Caulim; 35 - Linear Cocaia; 36 - Linear do Fogo; 37 - Linear Guaratiba; 38 - Linear Itaim; 39 - Linear Mongaguá; 40 - Linear Parelheiros; 41 - Linear Rapadura; 42 - Linear - Sapé; 43 - Linear Tiquatira; 44 - Lions Club Tucuruvi; 45 - Luiz Carlos Prestes; 46 - Luz; Lydia Natalizio Vila Prudente; 48 - M Boi Mirim; 49 - Nabuco; 50 - Nove de Julho; 51 - Orlando Villas Boas; 52 - Pinheirinho D'Água; 53 - Piqueri; 54 - Praia do Sol; 55 - Previdência; 56 - Raposo Tavares; 57 - Raul Seixas; 58 - Rodrigo Gásperi; 59 - Santa Amélia; 60 - Santo Dias; 61 - São Domingos; 62 - São José; 63 - Sena; 64 - Senhor do Vale; 65 - Sete Campos; 66 - Severo Gomes; 67 - Shangrilá; 68 - Trianon; 69 - Vila do Rodeio; 70 - Vila dos Remédios; 71 - Vila Guilherme; 72 - Vila Silvia; 73 Zilda Natel.

Tabela 7. Índice de cobertura vegetal por habitante do município de São Paulo, 2011

SUBPREFEITURA	Área de cobertura vegetal (m ²)	População	Índice de cobertura vegetal por habitante (m ² /habitante)
Parelheiros	338.140.737,82	127.343,00	2.655,35
Perus	39.287.800,35	121.953,00	322,16
Jacana/Tremembé	45.492.830,14	275.054,00	165,40
Capela do Socorro	58.263.463,55	626.331,00	93,02
Subtotal	481.184.831,90	1.150.681,00	418,17
Butantã	29.156.611,09	414.767,00	70,30
Pirituba	27.026.114,72	421.877,00	64,06
Santo Amaro	14.233.584,69	224.046,00	63,53
Subtotal	70.416.310,50	1.060.690,00	66,39
Itaquera	22.189.774,89	530.038,00	41,86
Santana/Tucuruvi	12.294.476,66	333.659,00	36,85
M'Boi Mirim	19.563.467,09	544.309,00	35,94
Sao Mateus	14.345.263,27	418.263,00	34,30
Subtotal	68.392.981,91	1.826.269,00	37,45
Freguesia/Brasilândia	12.108.009,75	431.473,00	28,06
Cidade Tiradentes	4.976.712,85	209.694,00	23,73
Pinheiros	6.110.225,46	271.203,00	22,53
Cidade Ademar	8.064.387,50	409.167,00	19,71
Casa Verde/Cachoeirinha	6.571.315,02	335.479,00	19,59
Lapa	5.381.171,74	275.616,00	19,52
Campo Limpo	10.678.296,52	561.284,00	19,02
Ipiranga	5.867.062,63	449.942,00	13,04
Vila Mariana	3.752.416,82	315.303,00	11,90
Subtotal	63.509.598,29	3.259.161,00	19,49
Mooca	2.632.306,29	313.491,00	8,40
Jabaquara	1.519.317,20	227.565,00	6,68
Aricanduva/Formosa/Carrão	1.766.203,10	273.893,00	6,45
Guaianases	1.785.871,17	284.795,00	6,27
Sé	2.382.670,67	385.348,00	6,18
Penha	2.902.125,83	497.364,00	5,84
Ermelino Matarazzo	1.081.205,76	219.663,00	4,92
Vila Maria/Vila Guilherme	1.143.663,53	320.730,00	3,57
Vila Prudente/Sapopemba	1.945.557,90	551.894,00	3,53
Sao Miguel	1.244.327,91	414.063,00	3,01
Itaim Paulista	835.363,58	395.976,00	2,11
Subtotal	19.238.612,94	3.884.782,00	4,95
Para ESI = 1	23.538.612,94		6,06
Para ESI = 5	66.238.612,94		17,05

Fonte: SVMA, 2012 .

5.3. Razão entre os recursos da natureza (renováveis e não renováveis) e os recursos provenientes da economia – I/F

Os resultados obtidos mostram que a contribuição em emergia que um parque pode prover para o município depende da relação entre a contribuição do ambiente para a manutenção/operação do parque ($I = N+R$) e o investimento do município em materiais e serviços (F). Desta forma, a razão I/F (razão entre $I=N+R$ e F) pode auxiliar na determinação da melhor estrutura a ser implantada de forma a apresentar baixos valores de EIR e ELR e altos valores de EYR e ESI.

A figura 13 mostra que apenas 7% deles apresentam $I/F > 1$, ou seja, recebem contribuição da natureza maior que do município. Em 62% dos parques a energia investida pelo município é pelo menos 5 vezes maior que a captada, aproveitada e investida pelo meio ambiente. Observa-se, portanto, que 70% dos 73 parques estudados para a relação I/F está em torno de $0,2 \pm 0,05\%$.

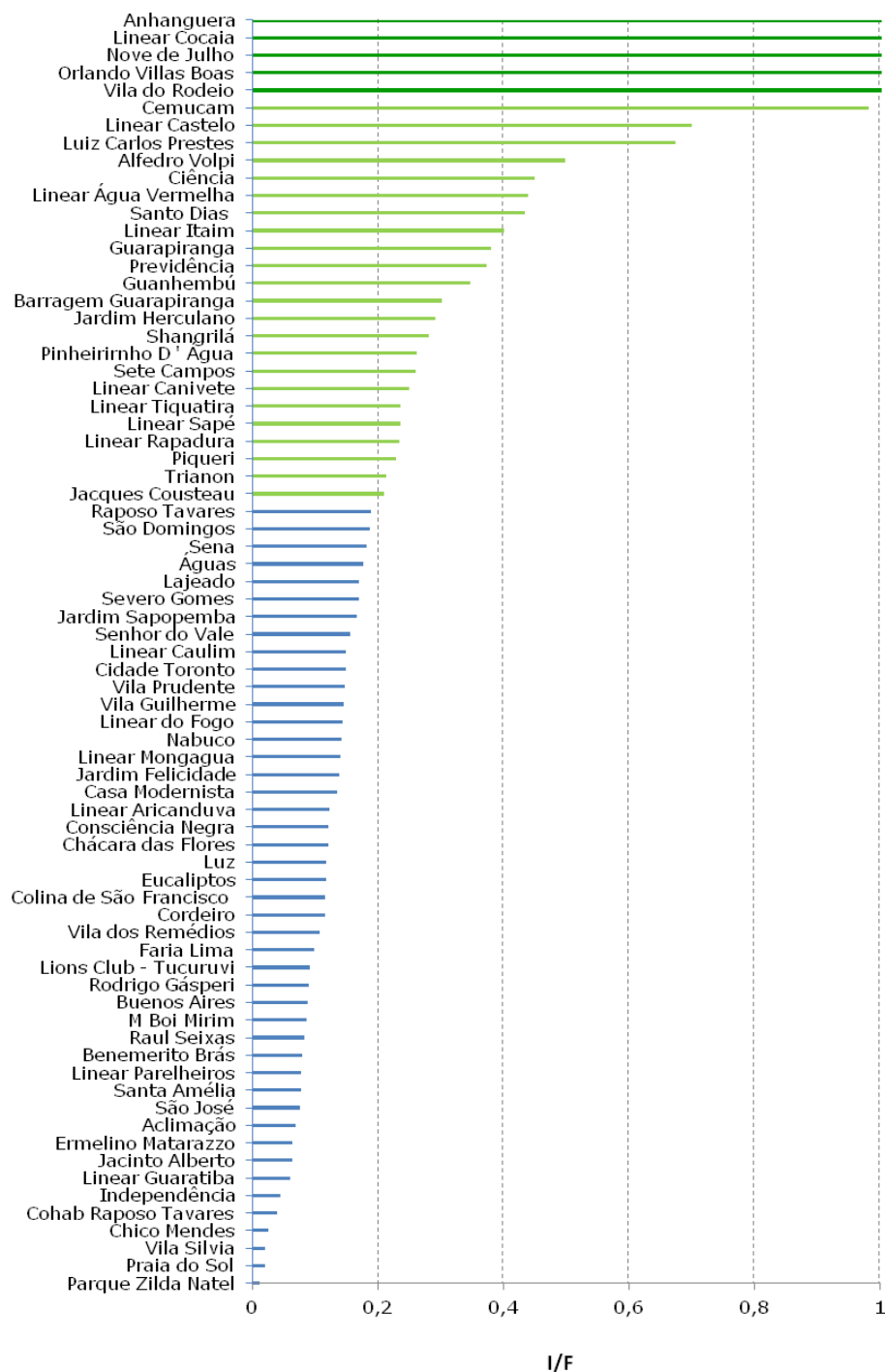


Figura 13. Relação I/F dos parques do município* Os Parques Anhanguera ($I/F=11,1$), Linear Cocaia ($I/F = 12,5$), Nove de Julho ($I/F = 1,76$), Orlando Villas Boas ($I/F = 1,46$) e Vila do Rodeio ($I/F = 1,21$) apresentam valores de I/F que não estão mostrados na figura

Estes resultados indicam que a manutenção da infraestrutura instalada para lazer e educação consome mais energia do que a empregada para a produção de serviços ambientais. Considerando-se a definição de parque adotada pela SVMA, em que os parques municipais urbanos são espaços construídos para amenizar as estruturas urbanas e compensar as massas edificadas, além de fornecer estruturas para o lazer, pode-se sugerir que a maioria dos parques do município foram construídos, intencionalmente ou não, para atender as necessidades de lazer e recreação aos habitantes do seu entorno e como facilitadores para atividades culturais.

Vinte e seis por cento dos parques apresentam I/F menor que 0,1. Dentre estes, alguns estão ainda em implantação como o Vila Silvia. Os restantes 36% apresentam $0,1 < I/F < 0,2$, o que mostra que para sua manutenção o município deve investir de 5 a 10 vezes mais energia do que aquela fornecida pela natureza (figura 13). Este investimento é diretamente proporcional à razão entre a área verde e a área construída de cada um deles (figura 14), mas não há correlação com a quantidade de mão de obra empregada (figura 15). A tabela completa com a razão entre a área verde e a área construída e a energia da mão de obra encontra-se no anexo VI.

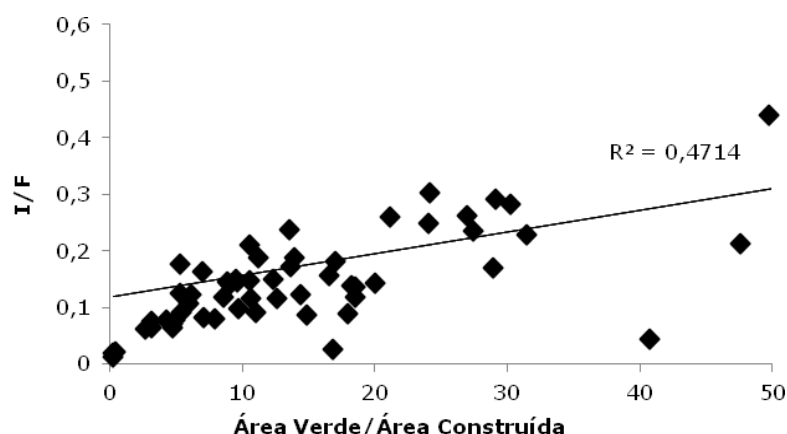


Figura 14. Relação I/F dos parques do município em função da razão área verde/área construída

Os resultados obtidos confirmam que na implantação dos parques do município, aparentemente, deu-se mais valor às atividades de lazer e à infraestrutura.

O valor do emdolar por m^2 , levando em consideração os 73 parques é de 0,55 Em\$/ m^2 . Utilizando-se o diagrama ternário pode-se estimar que, para um índice de sustentabilidade maior que 1, os recursos renováveis devem ser aumentados em $1,30 \times 10^{18}$ seJ/ano, neste caso o valor de emdolar por m^2 passaria a ser de 0,59 Em\$/ m^2 . Para um índice de sustentabilidade maior que 5 os recursos devem ser aumentados em $1,41 \times 10^{19}$ seJ/ano, neste caso o valor do emdolar por m^2 passa a ser 1,01 Em\$/ m^2 .

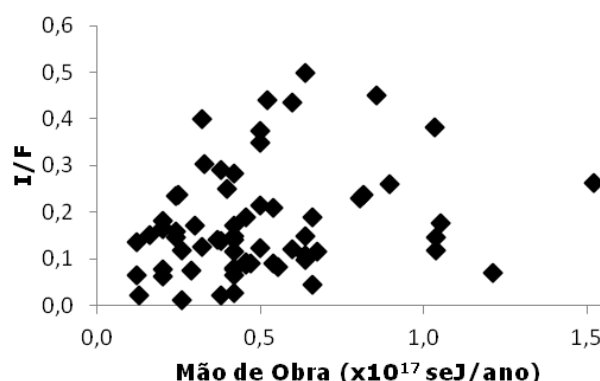


Figura 15. Relação I/F em função da mão de obra

A tabela 8 mostra os valores de I/F e de $\text{Em}\$/\text{m}^2$ de quatro parques selecionados. Nos casos extremos (Alfredo Volpi e Linear Guaratiba), a quantidade de área verde determina o maior ou menor custo. Nos casos intermediários (Jacques Cousteau e Raposo Tavares), observa-se que baixos valores de I/F podem ser devido à falta de área verde, mas também por excesso de mão de obra.

Tabela 8. Valor do índice I/F, custo de operação em dólar e em dólar, percentual de área verde e percentual de energia da mão de obra

Parques	Área m^2	I/F	Custo de operação * US/m^2	Custo de operação ** $\text{Em}\$(Y)/\text{m}^2$	% área verde***	% energia de mão de obra
Alfredo Volpi	142.432	0,50	0,93	0,52	99	51
Jacques Cousteau	67.326	0,21	0,61	1,01	91	13
Raposo Tavares	195.000	0,19	0,09	1,08	92	18
Linear Guaratiba	29.000	0,06	2,16	3,01	73	9

* Dólar de Março 2012: R\$ 1,80

** $\text{EMR } 1,7 \times 10^{12} \text{ seJ}/\$$ referente ao Estado de São Paulo (DEMÉTRIO, 2011)

*** soma das áreas gramadas e arborizadas

Vistas aéreas dos parques apresentados na tabela 8 são mostradas na figura 16. O Alfredo Volpi foi implantado após criteriosa seleção com o objetivo de preservar uma área remanescente de Mata Atlântica do Planalto Paulista (SMVA, 2012). Apesar da grande área verde, 51% da energia total é proveniente da mão de obra composta por 15 funcionários, entre jardineiros e zeladores. O Linear Guaratiba conta com área verde predominantemente de grama e a quantidade de árvores representa apenas 20% da área verde. Treze por cento da energia total é proveniente da mão de obra com 5 funcionários (não há zeladores). No Jacques Cousteau, a energia da mão de obra representa 9% do total de energia, com 13 funcionários. Não possui infraestrutura para recreação, embora possua algumas áreas

construídas. O Raposo Tavares é voltado para lazer, recreação e esportes e também está destinado à Educação Ambiental, com 18% da energia total proveniente da mão de obra com 16 funcionários.



Figura 16. Vista aérea dos parques Alfredo Volpi, Linear Guaratiba, Jacques Cousteau e Raposo Tavares (Fonte: PMSP, 2013).

A figura 17 apresenta os custos em função do $\text{Em}\$/\text{m}^2$ e a razão I/F , com destaque para alguns parques que se encontram nos extremos da curva encontrada.

Os parques Zilda Natel, Vila Silvia e Praia do Sol se caracterizam por apresentar menos de 30% de áreas verdes e infraestrutura para atividades socioambientais e recreacionais. A tabela 9 compara os custos de cada um deles calculados em emdolar e de acordo com os valores em reais fornecidos pela SVMA. Observa-se que os valores estão na mesma ordem de grandeza. Entretanto, os valores são mais próximos para os parques com $I/F < 1$, o que sugere que o custo dos recursos fornecidos pelo meio ambiente se destaca nos parques em que a razão entre I e F é maior que 1, diluindo o custo por m^2 dos recursos provenientes da economia.

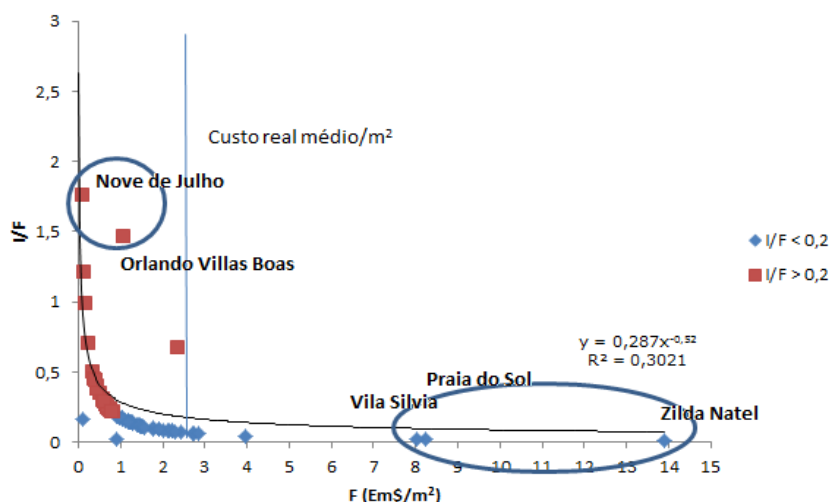


Figura 17. Custo em Em\$/m² e a razão I/F dos parques municipais de São Paulo. A linha vertical mostra o custo real em dólares (2,71 U\$/m²)

Os parques com $I/F > 0,2$ são os que menos custam por m² (Em\$/m²). O Anhanguera e o Linear Cocaia não foram apresentados na figura 17 por terem a razão I/F muito maior que os outros.

Tabela 9. Valor do I/F, custo do parque em dólar por m² e em dólar por m²

Parques	I/F	Custo do parque *US/m ²	Custo do parque **Em\$(F) /m ²
Zilda Natel	0,01	14,04	13,91
Vila Silvia	0,02	7,40	8,04
Praia do Sol	0,02	6,51	8,24
Nove de Julho	1,76	0,57	0,10
Orlando Villas Boas	1,47	3,4	1,09
Anhanguera	12,5	0,04	0,01
Linear Cocaia	11,12	0,05	0,02

*Dólar março de 2012: 1,80

** EMR $1,7 \times 10^{12}$ seJ/\$ referente ao Estado de São Paulo (DEMÉTRIO, 2011)

O Parque Linear Cocaia tem área de 1.000.000m² e apenas 1.300m² de área construída, 80% da área verde são constituídas de mata nativa. A energia investida na implantação (F) é apenas 4% da energia total. A soma dos recursos da natureza (renováveis e não renováveis) representa 92% da energia total. A energia dos recursos provenientes da economia é de 4%. O Parque Anhanguera tem uma extensa área de 9.500.000m² e uma área construída de 7.350m². Possui uma infraestrutura para esportes e também é destinado à recreação e contemplação. A energia total é de $3,09 \times 10^{18}$ seJ/ano.

A energia dos recursos da natureza representa 93% do total e apenas 3% corresponde à implantação (F). A energia dos recursos provenientes da economia é de 4% do total de energia. Estes dois parques estão situados nos extremos da cidade, o Anhanguera está situado na região Norte e o Linear Cocaia está situado na região Sul e são os que mais contribuem para a sustentabilidade do município.

A linha azul vertical na figura 17 mostra o custo real em dólares que foi calculado com os dados fornecidos pela SVMA. Este custo é de 2,71 U\$/m² e o valor é 1,7 vezes maior que o da média calculada em emdolar (Em\$/m² = 1,59). Desta forma, de acordo com a metodologia empregada, pode-se sugerir que o município está em clara desvantagem quando compra os recursos necessários para a manutenção/operação destes sistemas. Os recursos fornecidos pelo município (concreto, plástico, papel, produtos químicos, mão de obra etc.) são produtos processados e disponíveis em uma etapa avançada da cadeia produtiva, enquanto que os recursos que os parques captam diretamente do meio ambiente estão disponíveis no início da cadeia. Quanto mais se avança na cadeia, maior será o pagamento pela energia recebida (TON *et al.*, 1998; UKIDWE e BAKSHI, 1992 e 2005).

A figura 18 mostra um detalhe da figura 17, em que se destacam os casos intermediários, os parques discutidos na tabela 8. Observa-se que a relação entre I/F e o custo em Em\$/m² dos parques obedece à equação empírica 27.

$$I/F = 0,1666(Em\$/m^2)^{-0,789} \quad (27)$$

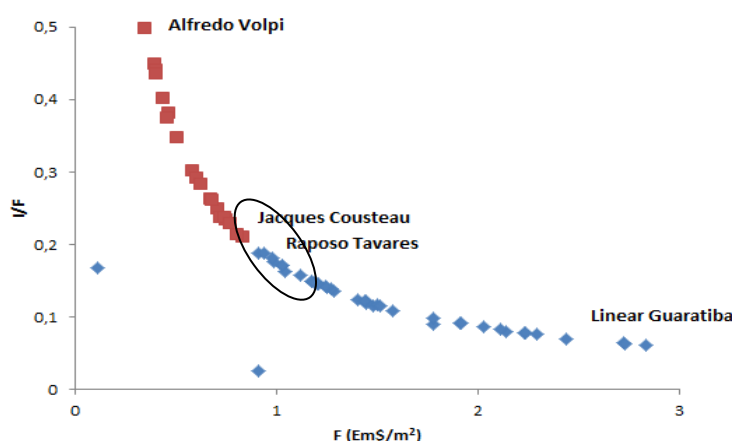


Figura 18. Detalhe da figura 17, com $I/F < 0,5$ e $Em\$/m^2 < 3$

Quanto maior a razão I/F dos parques, menor será seu custo em energia convertida para moeda. Os parques representados pelos pontos em vermelho ($I/F > 0,2$) são aqueles que já contam com maior contribuição dos recursos naturais. Para aumentar a relação I/F há duas possibilidades: aumentar a área verde ou reduzir os custos com manutenção e

operação. Se nestes parques, o aumento de área verde não for possível (por exemplo, devido à localização), seria razoável propor melhorias para atenuar a carga exercida pela área construída para as atividades de lazer, como a utilização de estruturas que exijam menos manutenção e/ou pela redução da mão de obra empregada.

Uma versão linearizada, $\log(I/F)$ em função do $\log(\text{Em}\$)$, é mostrada na figura 19. Neste caso se observa a forte correlação entre as variáveis ($R^2=0,99$), e a utilização do gráfico loglog pode facilitar a interpolação e a interpretação dos resultados com o uso da equação empírica 28.

$$\text{Log}(I/F) = -1,02\log(\text{Em}\$) - 0,76 \quad (28)$$

Os resultados mostram que, como para todo o tipo de sistemas naturais e econômicos (ODUM, 1996), o custo em energia dos produtos e serviços oferecidos pelos parques depende diretamente de dois fatores: a quantidade de área verde e o investimento da sociedade para a instalação e manutenção de estruturas voltadas para oferecer recreação, cultura e educação (equação 29).

$$\text{Produtos} = k \cdot I \cdot F \quad (29)$$

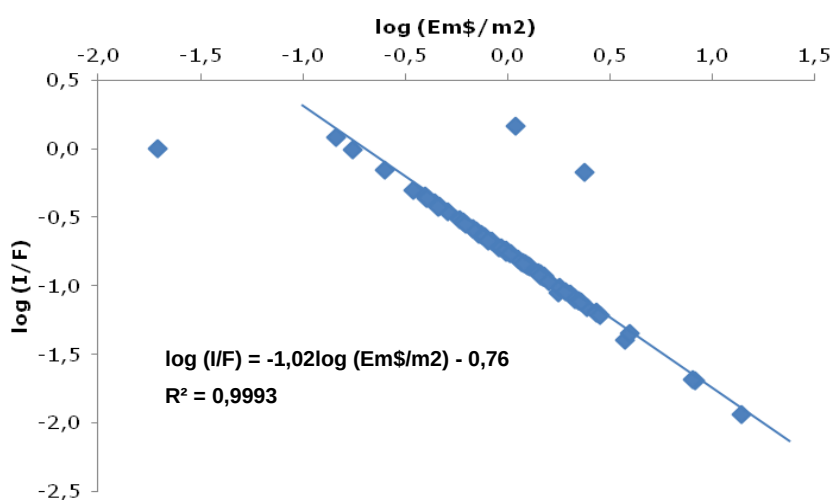


Figura 19. Versão linearizada, $\log(I/F)$ em função do $\log(\text{Em}\$)$

Os recursos I são gratuitos e fornecidos pelo ambiente, enquanto que os recursos F são pagos e fornecidos pela sociedade. Estes recursos não são equivalentes e têm diferentes UEVs. Desta forma, o uso da equação 29 poderia levar ao erro de considerar que os recursos da natureza poderiam substituir, totalmente os recursos fornecidos pela

sociedade, resultando em um parque com custo mínimo (ODUM, 1996). No caso dos parques urbanos, é necessário encontrar um balanço entre os valores I e F, para a obtenção de estruturas que possam fornecer ao município os serviços desejados. Por meio da relação I/F e do investimento feito pela sociedade é possível determinar (figura 17):

- a) qual a relação I/F para que os parques que produzem predominantemente serviços ambientais tenham menor custo por m^2 (figura 17, pontos em vermelho);
- b) qual a relação I/F para que os parques voltados a oferecer principalmente atividades de lazer cultura e recreação tenham menor custo por m^2 (figura 17, pontos em azul);
- c) qual a relação I/F para que os parques "completos" produtores de serviços ambientais, lazer, educação e cultura tenham menor custo por m^2 (figura 17, destacados pela forma oval), maximizando a produção de serviços e otimizando os custos.

O menor custo por m^2 pode ser obtido pelo aumento de área verde, por redução da carga exercida pela área construída ou pela redução da mão de obra empregada. Apesar de poder-se obter o mesmo produto (parque urbano) com a utilização de diversas proporções I/F, a organização dos sistemas pode levar ou não à produção máxima e ao menor custo. O ponto ilustrado pela mudança de cores de azul para vermelho na figura 17 pode ser interpretado como o ponto que delimita o tipo de ação que poderia ser levado a cabo para otimizar o desempenho dos parques, considerando cada um deles como estruturas produtoras de serviços ambientais, lazer, educação e cultura.

Observa-se que na figura 20a, a razão I/F (recursos da natureza/recursos provenientes da economia) em função do Em\$/U\$, que a maioria deles depende mais dos recursos do município, apenas 15% aproveitam mais dos recursos da natureza, isso acontece porque o valor do emdolar considera os recursos das fontes locais e a sua qualidade, e o dólar apenas valor do mercado dos insumos provenientes da economia. Na figura 20b, que ilustra a razão entre I/F e o custo em dólar por m^2 sugere que a maioria dos parques da cidade de São Paulo tem o custo por m^2 menor que o custo médio ($2,71 \text{ U\$/m}^2$).

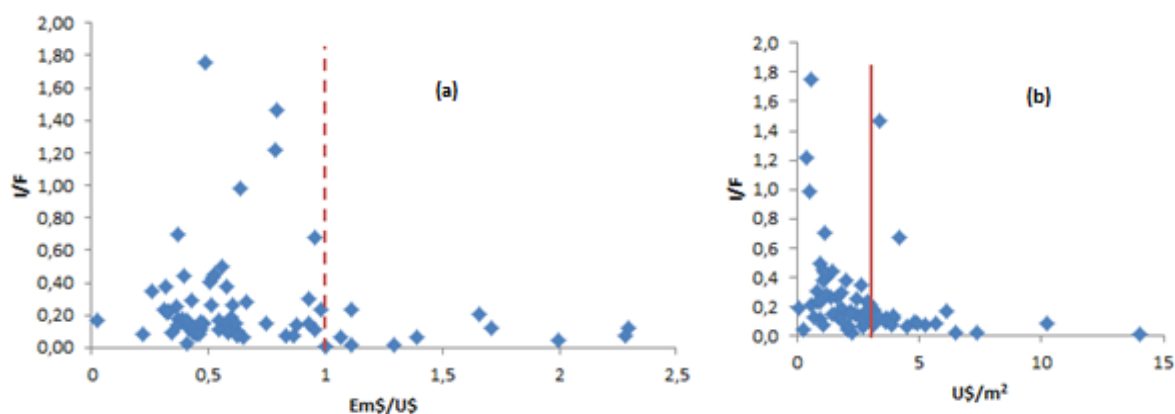


Figura 20. (a) Razão entre Em\$ e $\text{U\$/m}^2$ e a razão I/F dos parques municipais de São Paulo. (b) Custo em $\text{U\$/m}^2$ e a razão I/F dos parques municipais de São Paulo

5.4. Serviços ambientais: Produção Primária Líquida (NPP), Evapotranspiração e Infiltração de água no solo

Foi realizado o cálculo da produção primária líquida (NPP) para a mata alta e para a grama em cada um dos parques em estudo. Três serviços ambientais estão associados (coprodutos) ao crescimento da biomassa. São eles: produção de O₂, a absorção de CO₂ e a evapotranspiração. Foi também calculada a infiltração da água no solo.

A tabela 10 mostra as quantidades de biomassa produzida, o CO₂ fixado, a produção de O₂, a evapotranspiração e a infiltração de água no solo para o conjunto dos 73 parques. Os valores para cada um dos parques estão no anexo VII.

O valor da emergia da produção primária líquida (NPP) e o valor em dólar de cada um dos 73 parques em estudo, especificando a contribuição da mata alta e da grama podem ser verificados no anexo VIII. A emergia e o custo em dólar da fixação do CO₂ e da produção de O₂ em cada um dos parques estudados podem ser encontrados no anexo IX. A emergia da evapotranspiração e o valor em dólar para cada um dos 73 parques podem ser encontrados no anexo X.

A emergia da infiltração que depende apenas da área permeável dos parques (descontando da chuva total o valor evapotranspirado) e o valor em dólar para cada parque estão no anexo XI. Para exemplificar os cálculos destes serviços ambientais (NPP, Produção O₂, Fixação de CO₂, evapotranspiração e infiltração de água no solo) foi utilizado o Parque Trianon e podem ser encontrados no anexo XII.

Tabela 10. Quantidade de biomassa, de CO₂ fixado, O₂ produzido, evapotranspiração e infiltração no conjunto de 73 parques estudados

Quantidade de biomassa	2,84 x 10 ¹⁰ (g/ano)
Quantidade de CO ₂ fixado	1,74 x 10 ¹⁰ (g/ano)
Quantidade de O ₂ produzido	2,40 x 10 ¹⁰ (g/ano)
Quantidade de água evapotranspirada	1,65 x 10 ⁷ (m ³ /ano)
Quantidade de água infiltrada	1,05 x 10 ⁷ (m ³ /ano)

A razão da quantidade de CO₂ fixado por hectare de área verde equivale 10 t/ha ano (equação 30). Para Mata Atlântica, com valor maior que o encontrado para a média brasileira de 0,5 a 1 tC ha/ano (HOLTZ, *et al.*, 2006), a quantidade de carbono sequestrado pode variar entre 0,5 e 9,1 tC/ha ano, dependendo da idade das espécies e da densidade das áreas arborizadas (MELO e DURIGAN, 2006).

$$\frac{\text{Quantidade de CO}_2 \text{ fixado}}{\text{área verde}} = \frac{17400 \text{ (t/ano)}}{1725 \text{ ha}} = 10 \text{ t/ha ano} \quad (30)$$

Nos parques estudados, há grande variação na qualidade e na distribuição da biomassa que não é explicada apenas pela idade. Desta forma, considerou-se que a quantidade calculada de carbono sequestrado nos parques do município (equação 31) está de acordo com as taxas da região.

$$\text{Sequestro de Carbono} = 10 \times \frac{12}{44} = 2,73 \text{ tC/ha ano} \quad (31)$$

A tabela 11 ilustra um resumo com as entradas dos recursos renováveis e dos recursos fornecidos pela prefeitura para o conjunto estudado, os serviços ambientais fornecidos pelos parques para a cidade e os seus respectivos valores em emdolar. O delta negativo entre os serviços ambientais fornecidos pelos parques (áreas verdes) para a cidade e os recursos (renováveis e provenientes da economia) empregados para sua manutenção/implantação é de aproximadamente 4.100.000 Em\$/ano. Por outro lado, deve-se também considerar que os serviços ambientais abatem 57% do custo total dos parques (R + F), ou aproximadamente 86% do total fornecido pela sociedade paulistana (F). O valor de 4.100.000 Em\$/ano indica o equivalente em moeda, que poderia representar a parcela paga pela sociedade para obter os serviços esperados dos parques urbanos, inclusive os serviços ambientais. Desta forma, considerando que a sociedade paulistana como um todo investe anualmente para a manutenção, deve-se garantir que o acesso a estes serviços ocorra para toda a população da cidade de forma equânime.

Tabela 11. Resumo do suporte ambiental e da economia para os 73 parques em estudo e os serviços ambientais

	Energia (seJ/ano)	Em\$/ano
Suporte		
R (ambiental)	$5,45 \times 10^{18}$	3.205.882,35
F (municipal)	$1,09 \times 10^{19}$	6.411.764,71
Total (R+F)	$1,64 \times 10^{19}$	9.617.647,06
Serviços Ambientais		
NPP *	$1,66 \times 10^{18}$	976.470,59
CO ₂ *	$6,24 \times 10^{17}$	367.058,82
O ₂	$1,18 \times 10^{18}$	694.117,65
Evapotranspiração *	$2,20 \times 10^{18}$	1.294.117,65
Infiltração da água no solo	$7,17 \times 10^{18}$	4.217.647,06
Total – (serviços ambientais**)	$9,37 \times 10^{18}$	5.511.764,71

* Contabilizada apenas a evapotranspiração (o maior dos três serviços) e a infiltração para evitar dupla contagem.

Os resultados obtidos, assim como os de Lin *et al.* (2011) confirmam que a quantidade de biomassa, proporcional à área arborizada, resulta em maior volume de evapotranspiração (anexo VII). Para verificar os efeitos da quantidade de água evapotranspirada, Lin *et al.* (2011) fazem também medições em uma área de resfriamento estendida, que consiste de um raio de 1 km ao redor dos parques. Avaliando estas áreas estendidas, os autores concluíram, estatisticamente, que quando são distribuídas áreas verdes de pequeno tamanho há maior resfriamento na vizinhança do que quando há apenas uma grande área verde. A explicação para esta conclusão é que áreas menores têm maior interface com as vizinhanças, favorecendo troca de fluxos de ar.

Considerando que para a implantação de novos parques deve-se dar prioridade às áreas densamente povoadas, onde a disponibilidade de terrenos seria menor, e contemplando a proposta de Lin *et al.* (2011) para otimizar a distribuição dos serviços, tomou-se uma amostra de 11 parques considerados pequenos no conjunto estudado. Com esta finalidade, eles foram classificados em relação ao seu tamanho: pequenos – até 50.000m², médios - 50.000m² até 100.000m², e grandes – maiores de 100.000m². Dos 73 parques estudados, têm-se 31 considerados pequenos, 17 médios e 25 grandes.

A tabela 12 ilustra uma amostra de 11 parques de pequeno porte selecionados pelo percentual de mata nativa maior ou igual a 60%. O custo médio em emdolar por m² é 1,28, que é menor que o custo médio em dólares contabilizando os 73 parques (U\$2,71) e 30% menor que o custo médio em emdolar (Em\$1,80) para os 73 parques estudados.

Tabela 12. Áreas, percentuais de mata nativa e grama, índice I/F e índices em energia de amostra de 11 parques pequenos

Parques	Área (m ²)	Área construída (m ²)	Percentual de mata nativa	Em\$(F) /m ²	I/F	EIR	EYR	ELR	ESI
Casa Modernista	12.710	650	0,8	1,46	0,14	7,33	1,14	7,33	0,15
Linear Caulim	16.000	1.200	0,8	1,35	0,15	6,68	1,15	6,68	0,17
Senhor do Vale	21.000	1.200	0,6	1,30	0,16	6,36	1,16	6,36	0,18
Sena	21.661	1.201	0,6	1,16	0,18	5,49	1,18	5,49	0,22
Linear Sapé	23.544	320	0,8	0,90	0,24	4,22	1,24	4,22	0,29
Jardim Felicidade	28.800	1.497	0,8	1,45	0,14	7,21	1,14	7,21	0,16
Nabuco	31.300	1.487	0,8	1,42	0,14	7,05	1,14	7,05	0,16
Severo Gomes	34.900	1.168	0,8	1,21	0,17	5,85	1,17	5,85	0,20
Lajeado	36.000	2.460	0,8	1,20	0,17	5,84	1,17	5,84	0,20
Chácara das Flores	41.734	2.720	0,8	1,62	0,12	8,22	1,12	8,22	0,14
Trianon	48.600	1.000	0,8	0,98	0,21	4,69	1,21	4,69	0,26
Total =11 parques	316.250	14.903			0,16	6,22	1,16	6,22	0,19

A tabela 12 mostra que o investimento em materiais e energia para manutenção e operação da área construída nestes parques ($EIR=6,22$) é seis vezes maior que o investimento em recursos provenientes da natureza. Porém, o rendimento em energia ($EYR=1,16$) representa 16% de benefício em energia ao sistema vizinho que é a cidade de São Paulo. A carga ambiental ($ELR=6,22$) é moderada e os parques apresentam valores de sustentabilidade baixa ($ESI=0,19$). Estes resultados são inferiores àqueles obtidos para o conjunto total de 73 parques, com $EIR = 2$, $EYR = 1,5$, $ELR = 2$ e $ESI = 0,75$. Estes resultados mostram que a instalação de parques pequenos custa mais à sociedade do que a de grandes parques e que seu desempenho, no que se refere aos indicadores em energia, é inferior.

A tabela 13 mostra o resumo dos suportes ambientais e da economia e os serviços ambientais fornecidos para a cidade por esses 11 parques. O delta negativo entre os serviços ambientais fornecidos pelos parques e os recursos (renováveis e provenientes da economia) empregados para a sua manutenção/operação é de aproximadamente 300.000 Em\$/ano. Entretanto, neste caso, os serviços ambientais fornecidos por este conjunto de pequenos parques abatem apenas 24% de seu custo total ($R+F$) ou aproximadamente 28% do total fornecido pela sociedade paulistana (F). Desta forma, sob a perspectiva custo/benefício, pode-se inferir que os parques pequenos oneram mais a sociedade e que para aumentar a interface entre os parques e a vizinhança, por meio da implantação de parques pequenos (LIN *et al.*, 2011), haveria consequente aumento no uso de recursos para sua manutenção/implantação. Deve-se destacar que Oliveira *et al.* (2011) analisaram o desempenho térmico de um pequeno espaço verde ($24.000m^2$) sem comprovar a influência desta área verde na vizinhança densamente urbanizada.

Tabela 13. Resumo do suporte ambiental e da economia para os parques em estudo e os serviços ambientais de uma amostra de 11 parques da cidade de São Paulo

Suporte	Energia (seJ/ano)	Em\$/ano
R (ambiental)	$9,43 \times 10^{16}$	55.460,36
F (municipal)	$5,87 \times 10^{17}$	345.185,39
Total	$6,81 \times 10^{17}$	400.645,75
Serviços Ambientais		
NPP *	$3,01 \times 10^{16}$	17.703,94
CO ₂ *	$1,13 \times 10^{16}$	6.674,32
O ₂	$2,15 \times 10^{16}$	12.618,63
Evapotranspiração *	$3,00 \times 10^{16}$	22.770,59
Infiltração da água no solo	$1,24 \times 10^{17}$	72.741,18
Total – (serviços ambientais**)	$1,62 \times 10^{17}$	95.511,76

** Soma da evapotranspiração e da infiltração.

Considerando os resultados de Dimoudi and Nikolopoulou (2003), que alegam que o aumento no tamanho da área verde urbana reduz efetivamente a temperatura do ar ambiente, e os resultados de Oliveira *et al.* (2011), efetuou-se a análise para um conjunto de 17 parques com área entre 50.000m² e 100.000m². A tabela 14 mostra que, em relação ao conjunto de parques pequenos, houve decréscimo no investimento em energia (EIR=4,32) e aumento do benefício em energia ao sistema vizinho (EYR=1,23). A carga ambiental dos parques de médio porte (ELR=4,32) é aproximadamente 1,5 vezes menor que a dos de pequeno porte e os índices de sustentabilidade, apesar de baixos (ESI=0,29), são também 50% maiores que os apresentados pelos parques com até 50.000m².

Tabela 14. Áreas, percentuais de mata nativa e grama, índice I/F e ambientais de amostra de 17 parques médios

Parques	Área (m ²)	Área construída (m ²)	Percentual de mata nativa	Em\$(F)/m ²	I/F	EIR	EYR	ELR	ESI
Cohab Raposo Tavares	54.384	24.300	0,8	3,91	0,04	6,49	1,15	6,49	0,18
Orlando Villas Boas	55.000	2.620	0,2	2,69	1,47	0,68	2,47	0,68	3,61
Linear Canivete	60.000	2.400	0,4	0,88	0,25	4,01	1,25	4,01	0,31
Linear Itaim	60.000	750	0,8	0,62	0,40	2,49	1,40	2,49	0,56
Linear Mongaguá	60.000	6.000	0,8	1,43	0,14	7,15	1,14	7,15	0,16
Lydia Natalizio	60.000	5.200	0,6	1,36	0,15	6,76	1,15	6,76	0,17
Chico Mendes	61.600	3.455	0,8	0,93	0,03	39,51	1,03	39,55	0,03
Linear Rapadura	70.000	2.460	0,3	0,93	0,23	4,27	1,23	4,27	0,29
Guanhembú	71.920	700	0,8	0,68	0,35	2,88	1,35	2,88	0,47
Jardim Herculano	75.277	2.500	0,8	0,78	0,29	3,43	1,29	3,43	0,38
Shangrilá	75.643	2.426	0,6	0,80	0,28	3,54	1,28	3,54	0,36
Águas	76.300	12.099	0,6	1,16	0,18	5,65	1,18	5,65	0,21
São José	79.115	19.000	0,9	2,47	0,08	13,22	1,08	13,22	0,08
São Domingos	80.000	5.366	0,8	1,11	0,19	5,32	1,19	5,32	0,22
Barragem Guarapiranga	88.000	3.500	0,8	0,76	0,30	3,31	1,30	3,31	0,39
Previdência	91.500	1.316	0,8	0,63	0,37	2,67	1,37	2,67	0,51
Piqueri	97.200	3.000	0,8	0,95	0,23	4,37	1,23	4,37	0,28
Total = 17 parques	1.215.939	97.092			0,23	4,32	1,23	4,32	0,29

O delta negativo entre os serviços ambientais fornecidos e os recursos empregados para sua manutenção/implantação é de aproximadamente 1.100.000 Em\$/ano (tabela 15), o que mostra que ainda neste caso a prefeitura paga para obter os serviços ambientais,

porém, este valor corresponde a apenas 27% do delta total dos 73 parques. Os serviços ambientais fornecidos por este conjunto de pequenos parques abatem 24% de seu custo total (R + F) ou aproximadamente 30% do total fornecido pela sociedade (F).

Tabela 15. Resumo do suporte ambiental e da economia para os parques em estudo e os serviços ambientais de uma amostra de 17 parques da cidade de São Paulo

	Energia (seJ/ano)	Em\$/ano
Suporte		
R (ambiental)	$4,79 \times 10^{17}$	281.836,98
F (municipal)	$2,07 \times 10^{18}$	1.217.091,74
Total (R+F)	$2,55 \times 10^{18}$	1.498.928,72
Serviços Ambientais		
NPP *	$1,04 \times 10^{17}$	61.094,21
CO ₂ *	$3,91 \times 10^{16}$	23.023,44
O ₂	$7,40 \times 10^{16}$	694.117,65
Evapotranspiração *	$1,42 \times 10^{17}$	83.300,96
Infiltração da água no solo	$4,70 \times 10^{17}$	276.600,04
Total (serviços ambientais)**	$6,12 \times 10^{17}$	359.901,00

** Somadas a evapotranspiração e a infiltração.

A análise para 25 parques considerados grandes, com área superior a 100.000m² (tabela 16) mostra o menor investimento em energia (EIR=1,35) dos três conjuntos (pequeno, médio e grande). O rendimento em energia (EYR=1,74) indica um benefício em energia de 74% ao município de São Paulo e a carga ambiental (ELR=1,35) é baixa. O valor do índice de sustentabilidade (ESI=1,30) mostra que estes parques contribuem moderadamente para a sustentabilidade da cidade.

Observa-se que o valor dos serviços ambientais fornecidos para a cidade supera o dos recursos (renováveis e provenientes da economia) empregados para sua manutenção/implantação (tabela 17). Neste caso, a diferença mostra que a sociedade recebe um benefício líquido de aproximadamente 1.200.000 Em\$/ano em serviços ambientais.

A contabilidade ambiental em energia não permite avaliar o alcance dos serviços ambientais nas vizinhanças, mas somente a contribuição de cada parque ou do conjunto para o sistema que o abastece e o rodeia. De acordo com a avaliação custo/benefício efetuada, a implantação de parques de pequeno porte (LIN *et al.* 2011), mesmo com 60% ou mais de áreas verdes, não seria recomendada. Somente no caso de parques com mais de

100.000m² verificou-se benefício líquido na produção de serviços ambientais. Neste caso, para cada emdolar investido na manutenção e implantação nos parques de grande porte, os benefícios retornam na proporção de 1,65:1. Este resultado é semelhante ao encontrado por McPherson *et al.* (2005), que eterminaram um intervalo entre US\$1,37 e US\$3,09 ao ano para cada dólar investido na manutenção de florestas urbanas com áreas maiores de 100.000m².

Tabela 16. Áreas, percentuais de mata nativa e grama, índice I/F e ambientais de amostra de 25 grandes parques da cidade

Parques	Área (m ²)	Área construída (m ²)	Percentual de mata nativa	Em\$ (F) /m ²	I/F	EIR	EYR	ELR	ESI
Linear Castelo	103.338	350	0,9	0,43	0,70	1,43	1,70	1,43	1,19
Cidade Toronto	109.100	10.362	0,4	1,35	0,15	6,70	1,15	6,70	0,17
Vila dos Remédios	109.800	15.716	0,8	1,75	0,11	9,27	1,11	9,27	0,12
Aclimação	112.200	19.431	0,8	2,61	0,07	14,33	1,07	14,33	0,07
Luz	113.400	11.813	0,8	1,62	0,12	8,46	1,12	8,46	0,13
Linear Aricanduva	120.000	19.000	0,1	1,58	0,12	8,05	1,12	8,06	0,14
Linear Água Vermelha	124.207	2.450	0,2	0,58	0,44	2,28	1,44	2,28	0,63
Consciência Negra	130.135	18.203	0,8	1,61	0,12	8,21	1,12	8,21	0,14
Santo Dias	134.000	2.045	0,8	0,58	0,43	2,30	1,43	2,30	0,62
Alfredo Volpi	142.432	1.200	0,8	0,52	0,50	2,01	1,50	2,01	0,75
Guarapiranga	152.600	1.006	0,6	0,38	0,38	2,63	1,38	2,63	0,53
Independência	161.300	3.870	0,8	4,12	0,04	22,40	1,04	22,41	0,05
Ciência	187.000	2.500	0,8	0,57	0,45	2,22	1,45	2,22	0,65
Vila Guilherme	187.000	19.000	0,4	1,38	0,15	6,86	1,15	6,86	0,17
Sete Campos	188.000	8.500	0,2	0,86	0,26	3,84	1,26	3,84	0,33
Raposo Tavares	195.000	16.000	0,6	1,08	0,19	5,30	1,19	5,30	0,22
Pinheirinho D ' Água	250.306	8.958	0,3	0,85	0,26	3,82	1,26	3,82	0,33
Linear Tiquatira	320.000	21.952	0,6	0,92	0,24	4,22	1,24	4,22	0,29
Jacques Cousteau	335.000	29.000	0,8	1,01	0,21	4,75	1,21	4,75	0,25
Jardim Sapopemba	345.000	3.400	0,4	0,13	0,17	5,98	1,17	5,99	0,19
Cemucam	500.000	3.200	0,8	0,35	0,98	1,02	1,98	1,02	1,95
Nove de Julho	500.000	2.500	0,8	0,28	1,76	0,57	2,76	0,57	4,84
Vila do Rodeio	613.200	2.560	0,4	0,32	1,21	0,82	2,21	0,82	2,69
Linear Cocaia	1.000.000	1.300	0,8	0,24	11,12	0,09	12,12	0,09	134,88
Anhanguera	9.500.000	7.350	0,8	0,19	12,50	0,08	13,50	0,08	168,75
Total = 25 parques	15.633.018	231.666			0,74	1,35	1,74	1,35	1,30

Os parques Anhanguera, Linear Cocaia, Vila do Rodeio, Nove de Julho e Cemucam são os maiores fornecedores de serviços ambientais. No outro extremo da tabela, observa-se que Praia do Sol, Vila Silvia e Zilda Natel são os que menos contribuem com serviços ambientais para o município. Incluindo os parques com mesma posição nos dois *rankings*, 53 parques apresentam melhor desempenho na produção de água evapotranspirada. Dos 42 com melhor desempenho em infiltração, 21% são lineares. Entretanto, pode-se observar que 80% da evapotranspiração e da infiltração de água no solo são fornecidos pelos primeiros 27 parques do *ranking*, todos grandes, com exceção de dois, o Piqueri (22º) e o Previdência (26º), considerados médios nesta classificação, mas que têm áreas de mais de 90.000m².

Tabela 17. Resumo do suporte ambiental e da economia para os parques em estudo e os serviços ambientais de uma amostra de 25 parques da cidade de São Paulo

	Energia (seJ/ano)	Em\$/ano
Suporte		
R (ambiental)	$2,86 \times 10^{18}$	1.680.623,53
F (municipal)	$2,29 \times 10^{17}$	134.449,02
Total (R+F)	$3,09 \times 10^{18}$	1.815.072,55
Serviços Ambientais		
NPP *	$9,71 \times 10^{17}$	571.007,38
CO ₂ *	$3,66 \times 10^{17}$	215.155,96
O ₂	$6,92 \times 10^{17}$	406.779,24
Evapotranspiração *	$1,23 \times 10^{18}$	720.668,26
Infiltração	$3,87 \times 10^{18}$	2.275.021,34
Total (serviços ambientais)**	$5,09 \times 10^{18}$	2.995.689,60

** Somadas a evapotranspiração e a infiltração.

Com base nos resultados obtidos no cálculo dos serviços ambientais de cada parque, foi possível construir rankings considerando os serviços de evapotranspiração e infiltração da água no solo e determinar o principal serviço fornecido por cada parque (tabela 18).

Tabela 18. *Ranking* dos parques de acordo com os serviços ambientais, ordenados pela energia da evapotranspiração. As porcentagens indicam a parcela de contribuição de cada parque para o conjunto total

Tamanho*	Parques	Energia Evapotranspiração (m ³ /ano)	Percentual	Energia da Infiltração (m ³ /ano)	Percentual	Melhor serviço na posição do <i>Ranking</i>
G	Anhanguera	1	11,7	1	11,3	
G	Linear Cocaia	2	11,7	2	10,9	
G	Vila do Rodeio	3	6,6	3	7,5	
G	Nove de Julho	4	5,8	4	5,4	
G	Cemucam	5	5,8	5	5,4	
G	Jardim Sapopemba	6	3,7	6	4,2	
G	Jacques Cousteau	7	3,6	8	3,3	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
G	Linear Tiquatira	8	3,4	7	3,4	INFILTRAÇÃO
G	Pinheirinho D' Água	9	2,6	9	3,0	
G	Ciência	10	2,2	13	2,0	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
G	Raposo Tavares	11	2,0	11	2,1	
G	Sete Campos	12	1,9	10	2,3	INFILTRAÇÃO
G	Independência	13	1,8	15	1,7	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
G	Vila Guilherme	14	1,8	12	2,1	INFILTRAÇÃO
G	Guarapiranga	15	1,7	14	1,8	INFILTRAÇÃO
G	Alfredo Volpi	16	1,7	17	1,5	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
G	Santo Dias	17	1,5	18	1,4	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
G	Consciência Negra	18	1,3	19	1,2	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
G	Linear Água Vermelha	19	1,3	16	1,6	INFILTRAÇÃO
G	Linear Castelo	20	1,2	22	1,1	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
G	Luz	21	1,2	21	1,1	
M	Piqueri	22	1,1	23	1,0	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
G	Vila dos Remédios	23	1,1	24	1,0	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
G	Aclimação	24	1,1	25	1,0	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
G	Cidade Toronto	25	1,1	20	1,2	INFILTRAÇÃO
M	Providência	26	1,1	26	1,0	
G	Linear Aricanduva	27	1,0	29	1,3	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
M	Barragem Guarapiranga	28	1,0	27	0,9	INFILTRAÇÃO
M	São Domingos	29	0,9	30	0,8	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
M	Jardim Herculano	30	0,9	31	0,8	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
M	Guanhembú	31	0,8	32	0,8	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
M	Shangrilá	32	0,8	28	0,8	INFILTRAÇÃO
M	Águas	33	0,7	33	0,7	
M	Linear Rapadura	34	0,7	47	0,8	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
M	São José	35	0,7	37	0,6	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
M	Linear Itaim	36	0,7	36	0,6	
M	Chico Mendes	37	0,7	38	0,6	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
M	Linear Mongaguá	38	0,6	40	0,6	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
M	Linear Canivete	39	0,6	34	0,7	INFILTRAÇÃO

Tabela 18.(Continuação) *Ranking* dos parques de acordo com os serviços ambientais, ordenados pela energia da evapotranspiração. As porcentagens indicam a parcela de contribuição de cada parque para o conjunto total

Tamanho*	Parques	Energia Evapotranspiração (m ³ /ano)	Percentual	Energia da Infiltração (m ³ /ano)	Percentual	Melhor serviço na posição do <i>Ranking</i>
M	Lydia Natalizio Diogo	40	0,6	39	0,6	INFILTRAÇÃO
P	Trígonon	41	0,6	41	0,5	
M	Orlando Villas Boas	42	0,5	35	0,7	INFILTRAÇÃO
P	Colina de São Francisco	43	0,5	42	0,5	INFILTRAÇÃO
P	Chácara das Flores	44	0,5	43	0,4	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Faria Lima	45	0,4	44	0,4	INFILTRAÇÃO
P	Severo Gomes	46	0,4	49	0,4	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Lajeado	47	0,4	48	0,4	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Rodrigo Gásperi	48	0,4	51	0,4	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Cordeiro	49	0,4	52	0,3	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
M	Cohab Raposo Tavares	50	0,4	54	0,3	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Jacinto Alberto	51	0,3	50	0,4	INFILTRAÇÃO
P	Nabuco	52	0,3	55	0,3	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Jardim Felicidade	53	0,3	56	0,3	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Raul Seixas	54	0,3	46	0,4	INFILTRAÇÃO
P	Linear do Fogo	55	0,3	53	0,3	INFILTRAÇÃO
P	Santa Amélia	56	0,3	45	0,4	INFILTRAÇÃO
P	Luiz Carlos Prestes	57	0,3	59	0,3	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Buenos Aires	58	0,3	58	0,3	
P	Linear Sapé	59	0,3	61	0,3	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Lions Club - Tucuruvi	60	0,2	62	0,3	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Sena	61	0,2	64	0,2	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Senhor do Vale	62	0,2	65	0,2	EVAPOTRANSPIRAÇÃO
P	Linear Guaratiba	63	0,2	57	0,3	INFILTRAÇÃO
P	Benemérito Brás	64	0,2	60	0,3	INFILTRAÇÃO
P	M Boi Mirim	65	0,2	63	0,2	INFILTRAÇÃO
P	Linear Caulim	66	0,2	66	0,2	
P	Eucaliptos	67	0,2	67	0,2	
P	Linear Parelheiros	68	0,1	68	0,1	
P	Casa Modernista	69	0,1	69	0,1	
P	Ermelino Matarazzo	70	0,0	70	0,1	
P	Praia do Sol	71	0,0	71	0,0	
P	Vila Silvia	72	0,0	72	0,0	
P	Zilda Natel	73	0,0	73	0,0	

*G- grande, M – médio e P – pequeno

5.5. Indicadores de Sustentabilidade e UEV* da infiltração da água no solo e da evapotranspiração nos parques municipais de São Paulo

A figura 21 ilustra as UEV*s (energia por unidade) em função dos indicadores de energia (ODUM, 1996). Os indicadores mostram as relações entre os vários tipos de recursos que dão suporte aos sistemas e as UEV (energia por unidade) dão uma medida de eficiência na produção de cada serviço.

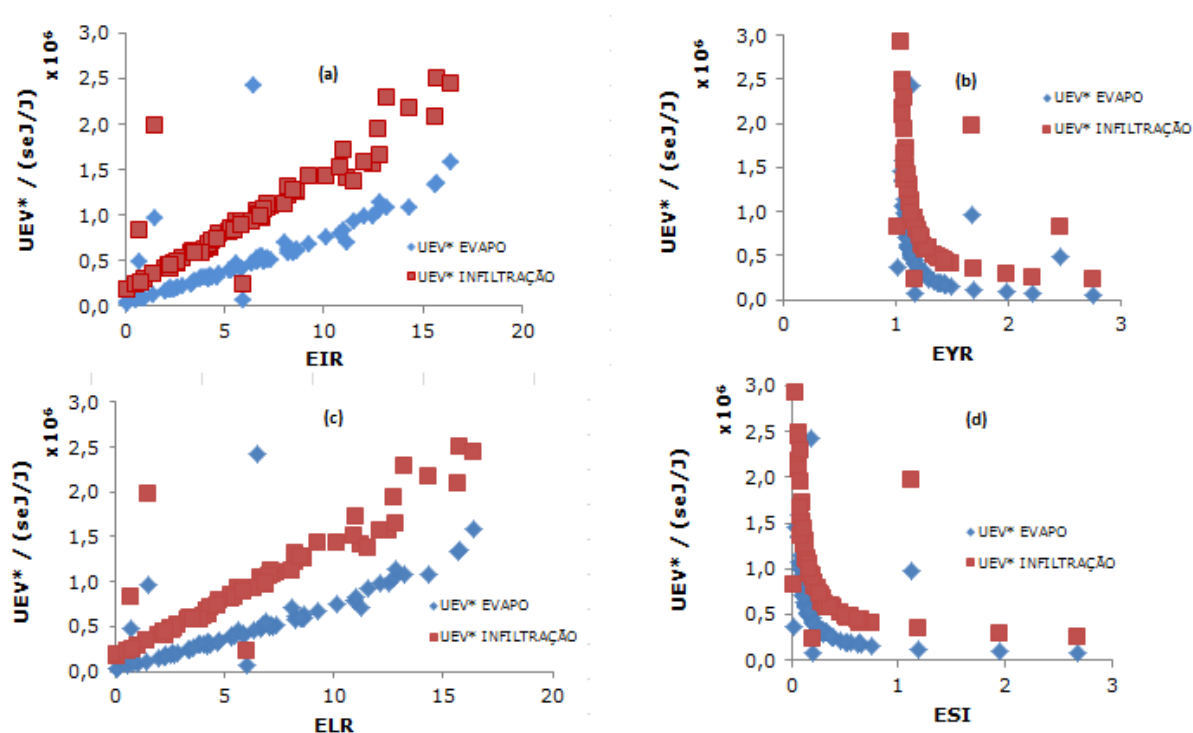


Figura 21. UEV*s da evapotranspiração e da infiltração da água no solo em função dos indicadores

A figura 21a mostra que para a maioria dos 73 parques estudados a UEV* da infiltração da água no solo é maior que a UEV* da evapotranspiração, o que confirma os resultados observados na tabela 18. Como esperado, para a evapotranspiração, as UEV*s são maiores do que aquelas que apenas consideram a produção líquida de biomassa ($2,69 \times 10^4$ seJ/J, ODUM, 1996) sem considerar as condições do entorno (implantação/manutenção). A infiltração de água no solo se mostra menos eficiente que a evapotranspiração e as UEV*s calculadas são aproximadamente 10 vezes maiores que aquela que não considera os gastos de implantação e manutenção ($1,65 \times 10^5$ seJ/J, BUENFILL, 2001). A maioria apresenta valores de EIR maiores que 2, sugerindo um alto investimento por parte da prefeitura.

A figura 21b mostra que a maioria apresenta valores de $1 < EYR < 2$, o que sugere que não há contribuição de altos valores de energia para a cidade e os parques apenas atuam como etapas na transformação das fontes de energia (BROWN e ULGIATI, 2002). Por outro lado, a figura 21c mostra que a maioria dos parques estudados apresentam carga ambiental moderada (menor que 10) e a figura 21d mostra que a maioria dos parques não contribuem para a sustentabilidade para a cidade. Entretanto, para todos estes casos os parques grandes são exceção. Ou seja, se fossem estudados apenas os 25 parques mostrados na tabela 17, mesmo incluindo Piqueri e Previdência, identificados na tabela 18, o resultado seria invertido.

O confronto entre eficiência na produção de serviços ambientais e os indicadores em energia, que mostram o custo ambiental para a implantação e operação dos parques urbanos, confirma os resultados obtidos que mostram que, em termos de contribuição para o município, a instalação de pequenos parques é mais custosa para a sociedade.

5.6. Emdolar e UEV* dos serviços ambientais nos parques municipais de São Paulo

A figura 22a mostra que existe uma forte correlação ($R^2=0,9361$) entre a UEV* da evapotranspiração e o valor do emdolar por m^2 . Quanto menor a eficiência da evapotranspiração maior será o valor do emdolar por m^2 , confirmando que os parques com pequenas áreas verdes são mais custosos para a cidade. A mesma relação é observada entre a eficiência da infiltração da água no solo e o custo por m^2 ($R^2=0,9054$) (figura 22b).

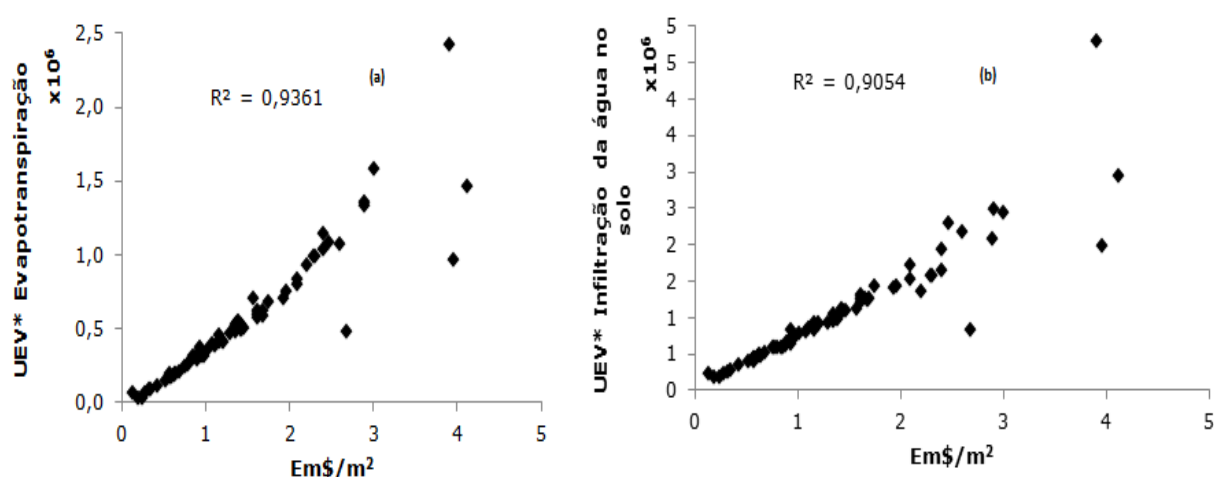


Figura 22. (a) UEV* da evapotranspiração em função do $Em\$/m^2$. (b) UEV* infiltração da água no solo em função $Em\$/m^2$

Este resultado corrobora os resultados apresentados nos itens 5.4.e 5.5. Quanto maior a área construída em cada parque, maiores serão os custos em energia de implantação e operação e menor será a eficiência de cada um deles na produção de serviços ambientais.

5.7. Produtividade global e os indicadores EYR e ESI

A evapotranspiração, a absorção de CO_2 e a produção de oxigênio são coprodutos da produção primária líquida de biomassa, e para calcular o custo/benefício dos parques com relação à produção de serviços ambientais foi considerado apenas o valor da energia da evapotranspiração, para evitar dupla contagem. Entretanto, se desejado, pode-se obter informação quanto a estes dois serviços por meio da avaliação em energia. Esta informação pode ser também utilizada para auxiliar na tomada de decisão quando o principal foco for o estudo das mudanças climáticas ou o combate à poluição.

A produtividade global é definida como o inverso da UEV. Neste trabalho se emprega o inverso da UEV* da fixação de CO_2 e o inverso da UEV* da produção de O_2 . O termo produtividade global é consistente com o objetivo da teoria em energia, já que o objetivo é avaliar os sistemas inseridos na biosfera (Bonilla *et al.*, 2009). Quanto maior é a produtividade global maior será a eficiência do processo (produção de serviços ambientais) no sistema (biosfera). Nas figuras 23 e 24 cada ponto representa os valores do EYR e GP e ESI e GP para o sistema.

Na figura 23a observa-se a produtividade global da fixação do CO_2 em função do indicador de rendimento (EYR), neste caso observa-se que a maioria dos parques tem $1 < \text{EYR} < 2$ não representando um bom desempenho em rendimento em energia. Entretanto, pode-se observar que os grandes parques apresentam $\text{EYR} > 1,5$, e se pode identificar a contribuição de cada um para o município. O Orlando Villas Boas está em 41º lugar no *ranking* da evaporação e na figura 23 aparece com baixa produtividade, o Vila do Rodeio está no 3º lugar do *ranking* de evaporação na figura 23 e apresenta alta produtividade, confirmando os resultados no *ranking* de evapotranspiração.

Na figura 23b verifica-se que os parques Luiz Carlos Prestes, Linear Castelo, Cemucam, Vila do Rodeio e Orlando Villas Boas apresentam $1 < \text{ESI} < 5$ mostrando sustentabilidade moderada para a cidade. O Vila do Rodeio apresenta maior valor de produtividade global, sugerindo maior eficiência na fixação de CO_2 . O Anhanguera e Linear Cocaia apresentaram os maiores indicadores EYR e ESI e alta eficiência na fixação do CO_2 .

e não estão representados na figura 23. A mesma análise pode ser efetuada quando o interesse for a produção de O_2 (figuras 24 a e b).

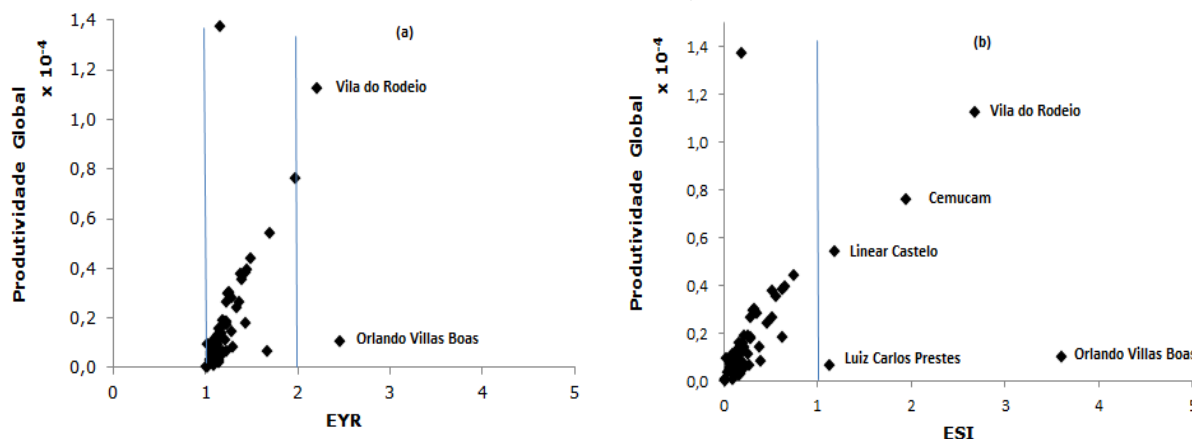


Figura 23. (a) Produtividade global (UEV* da fixação de CO_2) e o indicador EYR. (b) Produtividade global (UEV* da fixação de CO_2) e o indicador ESI

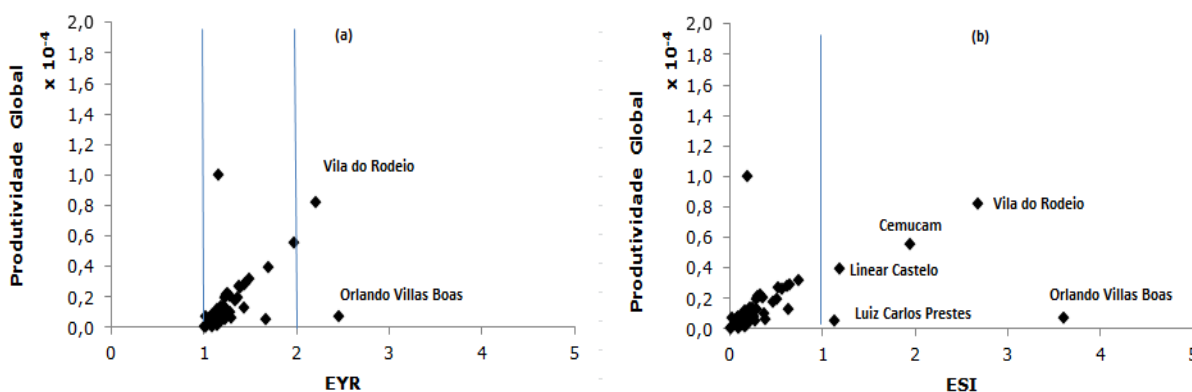


Figura 24. (a) Produtividade global (UEV* da produção de O_2) e o indicador EYR. (b) Produtividade global (UEV* da produção de O_2) e o indicador ESI

Os gráficos apresentados na figura 25 foram empregados para comparar o desempenho dos parques e como uma ferramenta para tomada de decisão no caso de determinar a melhor configuração a ser implantada na oportunidade de projetos de novos parques. A maior área representa o melhor sistema de classificação entre os parques. Na figura 25a pode-se comparar o desempenho entre os parques Piqueri (EYR=1,23 e GP=2,66 $\times 10^{-5}$ J/seJ) e Jardim Herculano (EYR=1,29 e GP=1,42 $\times 10^{-5}$ J/seJ). Neste exemplo, observa-se que o Piqueri apresenta maior área (GP $\times$ EYR) em relação ao Herculano, assim pode-se dizer que o projeto do Piqueri tem melhor desempenho que o Jardim Herculano.

Na figura 25b confrontam-se os indicadores de sustentabilidade dos mesmos parques com sua eficiência para absorver CO_2 . A estrutura do Piqueri ($\text{ESI}=0,28$ e $\text{GP}=2,66 \times 10^{-5} \text{ J/seJ}$) se confirma como mais adequada que a do Jardim Herculano ($\text{ESI}=0,38$ e $\text{GP}=1,42 \times 10^{-5} \text{ J/seJ}$) no que tange ao sequestro de carbono. A mesma análise e os mesmos resultados podem ser empregados para tomada de decisão que tenha como foco o aumento da produtividade da evapotranspiração ou da produção de oxigênio.

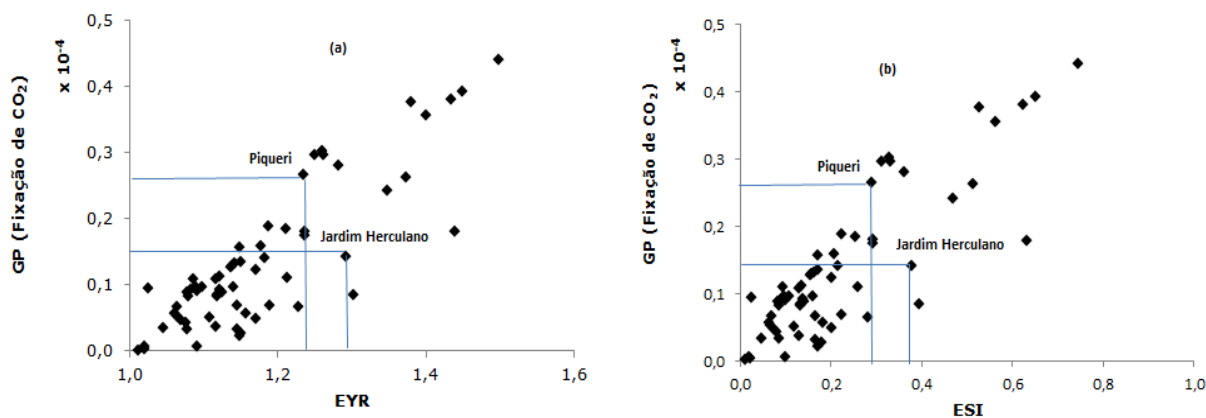


Figura 25. (a) Áreas: produtividade global da fixação de CO_2 e EYR. (b) produtividade global da fixação de CO_2 e ESI

6. CONCLUSÕES

Com a utilização da síntese em emerggia, quantificou-se o investimento da sociedade e da natureza na implantação/operação de um conjunto de 73 parques municipais de São Paulo e avaliou-se os serviços ambientais prestados à cidade por meio dos processos de Evapotranspiração, Produção Primária Líquida de Biomassa (NPP, *Net Primary Production*) e Infiltração da água no solo.

De acordo com os objetivos traçados, é possível entender, comparar e tomar decisões quanto ao desempenho de cada um deles quanto a melhor configuração para novos projetos. Em cada etapa, a síntese em emerggia fornece informações que podem auxiliar na gestão destes locais.

Com o cálculo da emerggia total e dos indicadores em emerggia de cada parque é possível reconhecer e quantificar os fatores que determinam os custos em emerggia de cada um deles e avaliar seu desempenho ambiental. Com relação ao investimento da cidade e da natureza, foi construído um *ranking* (tabela 6) que permite identificar cada um dos 73 parques quanto à sua sustentabilidade (ESI), a sua contribuição em emerggia para o município (EYR), o investimento natural e da economia necessários para seu funcionamento (EIR) e sua carga ambiental (ELR). Embora possa parecer estranho calcular a carga ambiental de um parque (ELR), já que eles supostamente existem para atenuar a carga do município, o cálculo deste indicador permite entender que os parques urbanos, da forma como foram concebidos e instalados, contribuem para a carga do sistema global, já que eles dependem fortemente de recursos F (que estão no final da cadeia e "pesam" no cálculo já que têm transformidade muito mais alta do que a dos recursos naturais). Entretanto, a ELR deste conjunto é aproximadamente três vezes menor que a do Estado de São Paulo (DEMÉTRIO, 2011), um território composto por áreas urbanas, rurais e naturais.

Observou-se que a cidade tem parques com todos os tipos de configurações e foram identificados parques que realmente podem contribuir para reduzir a carga ambiental da cidade, ou pelo menos de seus arredores. Os parques Anhanguera, Linear Cocaia, Nove de Julho, Orlando Villas Boas e Vila do Rodeio são exemplos de contribuição para a redução da carga ambiental no município de São Paulo.

Há casos extremos de dois tipos: aqueles que utilizam principalmente recursos naturais gratuitos e que em proporção requerem pouco investimento da sociedade e aqueles que dependem prioritariamente dos recursos econômicos do município para sua operação/manutenção. No caso do primeiro tipo, estão o Anhanguera e Linear Cocaia, Nove de Julho, Orlando Villas Boas, Vila do Rodeio, Cemucam, Linear Castelo e Luiz Carlos Prestes. Estes parques possuem grandes áreas verdes, representando cerca de 90% ou mais da área total, com localização afastada do centro da cidade. Infelizmente, seria muito

difícil conseguir instalar este tipo de parque nas áreas mais centrais, já que não há espaço para isto, mas a preservação destas áreas, e a transformação delas em parques, foi uma ótima decisão da prefeitura. Todos os outros parques em estudo são do segundo tipo ($ESI < 1$), com casos extremos como os parques Zilda Natel, Praia do Sol e Vila Silvia, onde a carga que impõem ao sistema externo é grande, mas possuem uma função social para a demanda de lazer da população. Existem casos intermediários, que podem ser o tipo ideal para instalar em regiões centrais, em que há melhor distribuição entre o que se retira da natureza e o que é investido pela prefeitura/sociedade.

As estimativas realizadas para calcular os valores de áreas verdes a serem implantadas para atingir $ESI = 1$ e $ESI = 5$ ($AV_{ESI1} = 4,3\text{km}^2$ e $AV_{ESI5} = 47,0\text{km}^2$, respectivamente) mostram que a avaliação em energia, que busca parques com alta contribuição para o município e que empreguem recursos com baixo estresse ambiental, pode ser considerada uma ferramenta adequada para tomada de decisão em municípios densamente povoados. De acordo com os resultados obtidos, um aumento de 25% de áreas verdes (de 1% para 1,4% da área do município) poderia garantir a implantação e a manutenção de parques que podem contribuir, mesmo que moderadamente, para a sustentabilidade dos parques do município. Para a obtenção de um índice de sustentabilidade maior que 5, a área verde deveria corresponder a 4,2% da área do município. Estes valores, estimados com base científica podem ser empregados no lugar do $IAV = 12\text{m}^2/\text{habitante}$ sancionado no Estado de São Paulo (Lei nº. 13.580/2009), que requer 134km^2 (9% da área do município) de áreas verdes ou oito conjuntos de parques equivalentes ao estudado.

A comparação dos custos de implantação/operação em dólares, em emdolares e a razão entre os recursos naturais e econômicos ($I/F \times \text{Em}\$/\text{m}^2$) pode ser uma ferramenta para determinar a configuração ideal para projetar novos parques na cidade de São Paulo. A relação entre I/F e $\text{Em}\$/\text{m}^2$ (ou US\$) pode ser empregada como ferramenta para tomada de decisão para priorizar ações nos parques. Os resultados obtidos, quando comparados com o índice de cobertura vegetal por habitante do município permitem determinar em quais das regiões da cidade eles devem ser instalados.

O valor calculado do emdolar por m^2 dos 73 parques, se empregado em conjunto com o diagrama ternário, permite estimar a quantidade de recursos renováveis necessária para obter um índice de sustentabilidade maior que 1 ou 5. Estes valores, diretamente proporcionais à quantidade de área verde, permitem calcular a área requerida para contribuir efetivamente para a sustentabilidade do município.

Foram calculadas as emergias de três serviços ambientais para estabelecer uma relação custo/benefício entre a quantidade de recursos renováveis necessária para obtenção de índice de sustentabilidade de médio ou longo prazos e os serviços ambientais

fornecidos ao município (Produção Primária Líquida, Evapotranspiração e Infiltração). Apesar de a contabilidade ambiental em emergia não avaliar o alcance dos serviços ambientais nas vizinhanças (extensão do raio para resfriamento ou absorção de poluentes, o valor da emergia (e de seu equivalente em moeda) representam a parcela paga pela sociedade para obter os serviços esperados dos parques urbanos. Estes valores indicam que a sociedade paulistana arca com os custos de manutenção de seus parques. Entretanto, quando são avaliados em função de sua área, verifica-se que as operações com menos de 100.000m² acarretam um aumento no uso de recursos para sua manutenção/implantação, além de se observar que o valor em emergia dos serviços ambientais fornecidos para a cidade pelos parques com mais de 100.000m² supera o dos recursos (renováveis e provenientes da economia) empregados para sua manutenção/implantação.

O cálculo das emergias dos serviços ambientais de cada parque permite estabelecer *rankings* de acordo com o serviço ambiental predominante (tabela 18). No caso de estudos para implantação de novos parques, estes *rankings* podem auxiliar na escolha da configuração a ser instalada, de acordo com as necessidades da região (redução de temperatura e fixação de CO₂ ou prevenção contra inundações). Adicionalmente, o cálculo das UEV*s e das produtividades globais permite refinar a informação, levando em conta a eficiência da produção dos serviços ambientais e a avaliação dos custos de implantação/manutenção representados pelos indicadores em emergia.

Este trabalho contribui para a compreensão do sistema de fornecimento de serviços ambientais por parques urbanos, mas principalmente oferece ferramentas para tomada de decisão no que concerne à instalação e gerenciamento destes parques.

7. PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Avaliar a contribuição dos parques urbanos para a qualidade de vida da população por meio do fornecimento de serviços de estética, lazer e educação.

REFERÊNCIAS

AKBARI, H., POMERANTZ, M., TAHA, H., 2001. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. **Sol. Energy** 70, 295–310.

ALEGRE, J. C., RICSE, A., AREVALO, L.; BARBARAN, J., PALM, C. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia peruana. Consorcio para el desarrollo sostenible de Ucayali. CODESU. **Boletim Informativo**, n. 12, p. 8-9, 2000b.

BARRELLA F. A., ALMEIDA C. M. V. V., GIANNETTI B. F., 2005. Ferramenta para a tomada de decisão considerando a interação dos sistemas de produção e meio ambiente. **Revista Produção** p. 87-101.

BEIJING MUNICIPAL BUREAU OF STATISTICS, 2008. **Beijing Statistical Yearbook 2008**. China Statistical Press, Beijing (in Chinese.).

BOLUND P., HUNHAMMAR S., 1999. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, p.293-301.

BONILLA S.H., GUARNETTI R. L., ALMEIDA C. V. B, GIANNETTI, B. F., 2010. Sustainability assessment of a giant bamboo plantation in Brazil:exploring the influence of labour, time and space. **Journal of Cleaner Production**, pp 83 -91.

BRABEC, E., SCHULTE, S., RICHARDS, P.L., 2002. Impervious surfaces and water quality: a review of current literature and its implications for watershed planning. **J. Plan. Lit.** 16, 499–514.

BROWN, M.T., GREEN, P., GONZALEZ, A., VENEGAS, J., 1992. **Emergy Analysis Perspectives, Public Policy Options, and Development Guidelines for the Coastal Zone of Nayarit, Mexico**, vols. 1 and 2. Center for Wetlands, University of Florida, Gainesville, FL, 405 pp.

BROWN, M.T., ULGIATI, S., 1997. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. **Ecol. Eng.** 9, 51–69.

BROWN, M.T., ULGIATI, S., 2002. Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. **Journal of Cleaner Production**, 10. P 321-334.

BUENFIL, A.A. **Emergy Evaluation of water**. 248 p. Thesis – University of Florida, USA, 2001.

BURANAKARN, V. Evaluacion of recycle and reuse of building materials using the emergy analysis method. 281 p. Thesis – University of Florida, USA, 1998.

CAO, S., CHEN, L., YU, X., 2009. Impact of China's grain for green project on the landscape of vulnerable arid and semi-arid agricultural regions: a case study in northern Shaanxi Province. **J. Appl. Ecol.** 46, 536 - 543.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Apostila de Hidrologia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. Cap. 2, p. 11-14.

CAVALETT, O. QUEIROZ, J. F., ORTEGA, J.F., 2006. Emergy assessment of integrated production systems of grains, pig and fish in small farms in the South Brazil, **Ecological Modelling** 193, 205-224.

CAVALHEIRO, F., DEL PICCHIA, P.C.D, 1992. Áreas Verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. In: **Congresso Brasileiro de Arborização Urbana**, Vitória. p.29-38

CHEN, W.Y., JIM, C.Y., 2008. Assessment and valuation of the ecosystem services provided by urban forests. In: Carreiro, M.M., Song, Y.-C., Wu, J. (Eds.), **Ecology, Planning, and Management of Urban Forests: International Perspectives**. Springer, New York, pp. 53–83.

CICCO V., 2009. **Determinação da evapotranspiração pelos métodos dos balanços hídricos e de cloreto e a quantificação da interceptação das chuvas na Mata Atlântica: São Paulo, SP e Cunha, SP**. Tese de Doutorado: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas na Universidade de São Paulo.

COELHO, O; ORTEGA, E.; COMAR, V. **Balanço de emergia do Brasil**, 2002. Disponível em: <http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/C05-Brasil-COC.pdf>. Acessado em janeiro 2011.

CONWAY, T.M.; URBANI, L., 2007. Variations in municipal urban forestry policies: a case study of Toronto, Canada. **Urban For.** Urban Gree. 6, 181–192.

CPTEC. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. Disponível em <http://www.cptec.inpe.br/> acesso em janeiro de 2011.

CRESESB. **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio Brito**, 2011. <http://www.cresesb.cepel.br> acesso em 19/março/2011.

DANG X., LIU G., 2012. Emergy measures of carrying capacity and sustainability of a target region for an ecological restorations programme: A case study in Loess Hilly Region, China. **Journal of Environmental Management**, pp. 55-64.

DEMÉTRIO F. J. C, 2011. **Avaliação da Sustentabilidade do Brasil com a Contabilidade em emergia**. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção.

DIMOUDI A., NIKOÇOPOULOU M, 2003. Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. **Energy and Buildings**, 35(1), pp.69-76.

DUAN, N.; LIU, X. D.; DAI J., LIN C., XIA, X. H.; GAO, R.Y., WANG, Y.; CHEN, S. Q., YANG, J.; QI, J., 2011. Evaluating the environmental impacts of an urban wetland park based on emergy accounting and life cycle assessment: A case study in **Beijing**. **Ecological Modelling**, pp. 351 – 359.

ESCOBEDO F., WAGNER J., NOWAK, D. J., DE LA MAZA, LUZ C., RODRIGUEZ M., CRANE. D. E., 2008. Analyzing the cost effectiveness of Santiago, Chile's policy of using urban forests to improve air quality. **J. Environ. Manage.** 86, 148–157.

FENG, X.M., WANG, Y.F., CHEN, L.D., FU, B.J., BAI, G.S., 2010. Modeling soil erosion and its response to land-use change in hilly catchments of the Chinese Loess Plateau. **Geomorphology** 118, 239 - 248.

FOLHA DE SÃO PAULO, 2007. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff0306200702.htm>. Acesso em: janeiro de 2011.

FRISCHENBRUDER M.T.M.; PELLEGRINO P., 2006. Using greenways to reclaim nature in Brazilian cities. **Landscape and Urban Planning**. 76, 67-78.

GIANNETTI, B.F., BARRELLA, F.A., ALMEIDA, C.M.V.B., 2005. A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting. **Journal of Cleaner Production** 14, 201–210.

GIANNETTI B. F., BARRELLA F. A., BONILLA S. H., ALMEIDA C. M. V. B., 2007. Aplicações do diagrama emergético triangular na tomada de decisão ecoeficiente. **Revista Produção**, v.15, p. 246-262.

GIANNETTI B. F., OGURA Y., BONILLA S. H., ALMEIDA C. M. V. B., 2011. Emergy assessment of a coffee farm in Brazilian Cerrado considering form the environmental services, negative externalities and fair price. **Agricultural Systems**.

GOOGLE EARTH 2012. Disponível em <http://earth.google.com> acesso em julho de 2012.

HAMZA, V.M., 2003, An appraisal of geothermal energy use in Brazil. **Geothermal Resources Council Transactions**, 27:59 – 64.

HIGGINS J. B, 2003. Emergy analysis of the Oak Openings region. **Ecological Engineering**, p. 75-109.

HOLTZ, G. P. e MOTA, J. A. **Protocolo de Quioto: O Potencial de Sequestros de Carbono pela Agricultura Conservacionista no Brasil**. Disponível em: <http://www.fcmc.es.gov.br/download/ArtigoProtocolodeQuiotoFinal.pdf>. acesso em 12 de setembro de 2012.

HUANG I., WANG H., BUDD W. W., 2009. Sprawl in Taipei's peri-urban zone: responses to spatial planning and implication for adapting global environmental change. **Landascape and Urban Planning**, pp. 28-32.

IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>. Acesso em: novembro de 2011.

KLIASS, R. G. 1993. **Parques Urbanos de São Paulo**. PINI. São Paulo. 211p.

KOHLER M. C. M, ROMERO, M. A.,PENHALBER E. F. , CORTES M. T. M., CABRAL, V. B., 2000. Áreas Verdes no Município de São Paulo: Análises, Tendências e Perspectivas, **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2000.

LEGISLAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO - Lei 13.580/2009. Disponível em: <http://www.legislacao.sp.gov.br/legislacao/index.htm>. Acesso em: novembro de 2012.

LEI ORGÂNICA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 1990. Disponível em http://www.tcm.sp.gov.br/legislacao/lomun/lom_t5.htm#lom_t5c5. Acesso em: janeiro de 2013.

LEI ORGÂNICA DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE, 2002. Disponível em: http://www.arquiteturaambiental.pro.br/portfolio/Anelise_Anapolski_Ferrari-Areas_Verdes_POA.pdf. Acesso em: janeiro de 2013.

LIN W., WU T., ZHANG C., YU T., 2011. Carbon savings resulting from the cooling effect of green areas: A case study in Beijing. **Environmental Pollution**, pp.2148-2154.

LIU J., ZHOU H., QIN P., ZHOU J., WANG G., 2009. Comparisons of ecosystem services among three conversion system in **Yancheng National Nature Reserve**. Science Direct, p. 609-629.

LLARDENT, L. R. A. **Zonas verdes y espacios libres en la ciudad**. Madrid: Closas Orcoyen, 1982. 538 p.

LU H. F., CAMPBELL D. E., LI Z., REN H., 2006. Emergy synthesis of an agro-forest restoration system in lower subtropical China. **Ecological Engineering**, p. 175-192.

LU H. F., WANG, Z. H., CAMPBELL D. E., REN H., WANG J., 2011. Emergy and eco-exergy evaluation of four forest restoration modes in southeast China. **Ecological Engineering**, p. 277-285.

McPHERSON, E.G., SIMPSON, J.R., 2002. A comparison of municipal forest benefits and costs in Modesto and Santa Monica, California, USA. **Urban For. Urban Gree.** 1, 61–74.

McPHERSON G., SIMPSON J. R., PEPER, P. J., MACO S. E., XIAO, Q., 2005. Municipal forest benefits and costs in five US cities. **J. Forest.** 103, 411–416.

MEILLAUD, F.; GAY, J. B.; BROWN, M. T. Evaluation of a building using the emergy method. **Solar Energy**, 79, 204-212, 2005.

MELO A. C. G, DURIGAN, G. 2006. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema Valley, SP, Brazil. **Scientia Forestalis**, pp. 149 – 151.

MEYER, W.B., TURNER I. I. , B.L., 1994. **Changes in land use and land cover: a global perspective**. Cambridge Univ. Press, New York.

MILJÖFÖRVALTNINGEN, 1995 e MILJÖ 2000. Miljöprogram för Stockholm (Environment 2000 Environmental program for Stockholm). **Förslag** Feb. 1995, Stockholm. 93 pp. (inSwedish).

MILLWARD A. A., SABIR S., 2011. Benefits of a forested urban park: What is the value of Allan Gardens to the city of Toronto, Canada? **Landscape and Urban Planning**, pp. 177 – 188.

MUCHUM, Y., 1981. **Productivity Measurements of Terrestrial Communities**. Translation, Chen N. Q. and Jiao Zh. J., Beijing: Press of Science, pp. 2-3.

NOSSA SÃO PAULO, 2012 (**OBSERVATÓRIO CIDADÃO**). Disponível em: <http://www.nossasaopaulo.org.br/observatorio/analises.php?tema=8&indicador=56&ano=2011#info>. Acesso em: dezembro de 2012.

NOSSA SÃO PAULO, 2013 (**OBSERVATÓRIO CIDADÃO**). Disponível em : <http://www.nossasaopaulo.org.br/observatorio/indicadores.php?tema=8>. Acesso em abril de 2013.

NOWAK, D.J., DWYER, J.F., 2000. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: Kuser, J.E. (Ed.), **Handbook of Urban and Community Forestry in the Northeast**. **Kluwer Academic**, New York, pp. 11–25.

ODUM, H.T., 1996. **Environmental Accounting: Emergy and Decision Making**. John Wiley & Sons, New York, 370 pp.

ODUM, H.T., ODUM, E.C., BROWN, M.T., 1998. **Environment and Society in Florida**. St. Lucie Press, Boca Raton, FL, 449 pp.

ODUM, H. T., BROWN, M.T. Brandt-Williams, S. Handbook of Emergy Evaluation – A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Fólio # 1: Introduction and Global Budget. **Center for Environmental Policy** - Environmental Engineering Sciences 2000.

OLIVEIRA P. T. S., BITAR O. Y., 2006. **Indicadores ambientais para o monitoramento de parques urbanos. Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente.**

OLIVEIRA S., ANDRADE H., VAZ T., 2011. The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon. **Building and Environment**, pp. 2186-2194.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C.; RESOSUDARMO, P.; SINCLAIR, K.; KURZ, D.; McNAIR, M.; CRIST, S.; SPHPRITZ, L.; FITTON, L.; SAFFOURI, R.; BLAIR, R. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. **Science**, v. 267, n. 5201, p. 1117-1123, 1995.

PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2010. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/. Acesso em: março de 2010.

PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2011. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/parques/regiao_centrooeste/index.php?p=5773. Acesso em: dezembro de 2011.

PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2012. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/programas_e_projetos/index.php?p=8443. Acesso em: dezembro de 2012.

PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2012. Disponível em: <http://biodiversidade.prefeitura.sp.gov.br/FormsPublic/p02AreasVerdes.aspx>. Acesso em: março de 2013.

PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2013. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/comunicacao/noticias/?p=108899>. Acesso em: janeiro de 2013.

PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2013. **Legislação Municipal e Normas**. Disponível em: www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/educacao/cme/legislacao/index.php?p=439.

Acesso em: março de 2013.

PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2013. Disponível em: www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/parques. Acesso em março de 2013.

QUIN P., WONG, Y. S., TAM, N.F.Y., 2000. Emergy evaluation of *Mai Po* mangrove marshes. **Ecological Engineering**, p. 271-280.

ROSENFELD, A.H., AKBARI, H., BRETZ S., FISHMAN B. L., KURN, D. M., SAILOR D., TAHA, H., 1995. Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates. **Energy Build.** 22, p. 255–265.

SECRETARIA DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE (2012). Disponível em: www.google.com/fusiontables/data?docid=1JhV8zS8pRtNi1WxgsyE7GhK_f2Wws03Vh2kqOpk#map:id=3. Acesso em: dezembro de 2012.

SECRETARIA DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE (2012). Disponível em: <http://www.nossasaopaulo.org.br/observatorio/indicadores.php?tema=8>. Acesso em abril de 2013.

SILVA, L.O. 1993. Subsídios para Formulação de uma Política para Áreas Verdes no Município de São Paulo. In: PHILLIPI JR et al. (eds.) **A Questão Ambiental Urbana**: Cidade de São Paulo. São Paulo, p. 425-449.

SU C., FU, B, HE C., LÜ Y, 2012. Variation of ecosystem services and human activities: A case study in the Yanhe Watershed of China. **Acta Oecologica**, pp. 46 – 57.

TILLEY, D. R.; SWANK, W. T., 2003. EMERGY – based environmental systems assessment of a multi-purpose temperate mixed-forest watershed of the Southern Appalachian. **Journal of Environmental Management** 69: 213-227.

TON S, ODUM HT, DELFINO J. Ecological-economic evaluation of wetland management alternative. **Ecological Engineering** 1998; 11:291 e 302.

UCHIDA, E., XU, J.T., ROZELLE, S., 2005. Grain for green: cost-effectiveness and sustainability of China's conservation set-aside program. **Land Econ.** 81, 247 - 264.

UKIDWE, N., BAKSHI, B., 1992. Thermodynamic accounting of ecosystem contribution to economic sectors with application to 1992 U.S. economy. **Environmental Science and Technology** 2004;11:4810e27.

UKIDWE, N; BAKSHI, B., 2005. Flow of natural versus economic capital in industrial supply networks and its insustainability. **Environmental Science and Technology** 39(24):9759–9769.

ULGIATI S., ZUCARO A., FRANZESE P. P., 2011. Shared wealth or nobody's land? The worth of natural capital and ecosystem services. **Ecological Economics** p.778–787.

XIAO, Q., McPHERSON, E.G., SIMPSON, J.R., USTIN, S.L., 1998. Rainfall interception by Sacramento's urban forest. **J. Arboriculture** 24, 235–244.

XIAO, Q., McPHERSON, E.G., 2002. Rainfall interception by Santa Monica's municipal urban forest. **Urban Eco.** 6, 291–302.

XU, Z.G., XU, J.T., DENG, X.Z., HUANG, J.K., UCHIDA, E., ROZELLE, S., 2006. Grain for Green versus grain: conflict between food security and conservation set-aside in **China**. **World Dev.** 34, 130 - 148.

ZHAO S., DA L., TANG Z., FANG H., SONG K., FANG J., 2006. Ecological consequences of rapid urban expansion: Shanghai, China. **Research Communications**, pp. 341 - 346.

ZHAO, X.Q., LV, X., DAI, J.H., 2010. Impact assessment of the "Grain for Green Project" and discussion on the development models in the mountain-gorge regions. **Front. Earth Sci. China** 4, 105e116.

ANEXO I. Os símbolos e seus significados utilizados na construção do diagrama de fluxos de energia

1. Fluxo de Energia



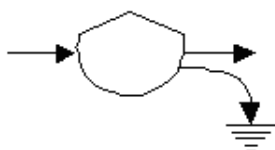
Um fluxo cuja vazão é proporcional ao volume do estoque ou à intensidade da fonte que o produz.

2. Fonte



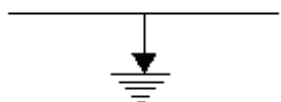
Um recurso externo de energia que fornece energia de acordo com um programa controlado externamente.

3. Estoque



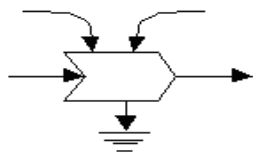
Uma reserva de energia dentro dos limites do sistema determinada pelo balanço de entradas e saída.

4. Sumidouro de Energia



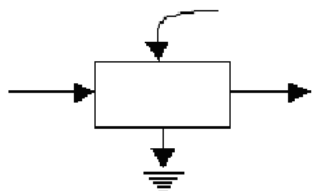
O sistema usa a energia potencial para produzir trabalho. O custo dessa transformação é a degradação da energia, que abandona o sistema como energia de baixa qualidade. Todos os processos de interação e os armazenamentos dispersam energia.

5. Interação



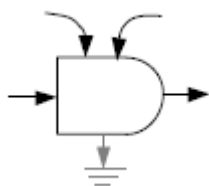
Interseção de no mínimo dois fluxos de energia para produzir uma saída (trabalho) que varia de acordo com certa função de energia. Exemplos: uma ação de controle de um fluxo sobre outro, presença de um fator limitante, uma válvula.

6. Caixa



Símbolo de uso múltiplo que pode ser usado para representar uma unidade de consumo e produção dentro de um sistema maior. Representa um subsistema.

7. Produtor



Unidade que coleta e transforma energia de baixa intensidade sob a ação de um fluxo de energia de alta qualidade.

ANEXO II – Listagem de Insumos do Parque Tenente Siqueira Campos (Trianon)

4. Parque Trianon				
14. LIMPEZA EXTERNA E CONSERVAÇÃO DE ÁREAS VERDES				
UNIDADE DE MEDIÇÃO: DIA				
Descritivo	Un	Preço	Quant.	Subtotal
MATERIAL				
Saco de lixo em plástico reforçado - 100 litros	UN	0,30	6,5753	1,9726
BENEFÍCIOS DA MÃO-DE-OBRA				
Vales-Cestas	UN	130,80	0,3204	41,9083
Parcela de participação nos resultados	UN	272,50	0,0256	6,9760
MÃO-DE-OBRA (inclusive Adicional de Insalubridade)				
Ajudante de jardinagem e varredor	H	3,28	35,6964	117,0842
Jardineiro	H	3,44	11,8988	40,9319
Encarregado de turma	H	4,13	5,9494	24,5710
FERRAMENTAS E PEQUENOS EQUIPAMENTOS				
Sobre o total de mão-de-obra e benefícios	%	1,50		3,4721
LST - LEIS SOCIAIS E TRABALHISTAS				
Exclusivamente sobre o total de mão-de-obra	%	130,00		237,3632
TOTAL GERAL				474,2793
VALOR ADOTADO				474,28

4. Parque Trianon

24. ZELADORIA DE SANITÁRIO - LIMPEZA E FORNECIMENTO DE MATERIAL

UNIDADE DE MEDIÇÃO: DIA

Descrição	Un	Preço	Quant.	Subtotal
MATERIAL				
Sabão detergente líquido biodegradável	L	1,20	0,0875	0,1050
Saponáceo em pó	KG	5,00	0,0984	0,4920
Água sanitária	L	0,70	0,2188	0,1532
Desinfetante líquido aromatizado	L	0,70	0,2188	0,1532
Esponja de poliuretano e fibra sintética - 71 x 100 x 20 mm	UN	0,40	0,0718	0,0287
Pano de chão não alvejado, 100% algodão - 74 x 45 cm	UN	2,00	0,0958	0,1916
Balde plástico de 10 litros	UN	2,50	0,0072	0,0180
Escova lavatina de nylon ou piaçava	UN	1,70	0,0239	0,0406
Vassoura de piaçava nº 4	UN	3,50	0,0239	0,0837
Rodo de madeira com encosto simples de borracha - 40 cm	UN	2,00	0,0239	0,0478
Papel higiênico - rolo de 30 m	UN	0,30	5,1624	1,5487
Papel toalha - rolo de 50 m	UN	1,20	0,5163	0,6196
Sabonete líquido aromatizado	L	2,00	0,4130	0,8260
BENEFÍCIOS DA MÃO-DE-OBRA				
Vales-Cestas	UN	130,80	0,1424	18,6259
Parcela de participação nos resultados	UN	272,50	0,0114	3,1065
MÃO-DE-OBRA (inclusive Adicional de Insalubridade)				
Zelador de sanitário	H	3,28	23,7976	78,0561
LST - LEIS SOCIAIS E TRABALHISTAS				
Exclusivamente sobre o total de mão-de-obra	%	130,00		101,4729
TOTAL GERAL				205,5695
VALOR ADOTADO				205,57

4. Parque Trianon

41. SERVIÇO DE COLETA E DESTINAÇÃO DE LIXO - CONTAINER DE 7,00 m3

UNIDADE DE MEDIÇÃO: VG

Descritivo	Un	Preço	Quant.	Subtotal
EQUIPAMENTO				
Container estacionário para coleta de lixo - 7,00 m3	VG	230,00	1,0000	230,0000
OUTROS				
Taxa de descarga em aterro sanitário	UN	95,00	1,1200	106,4000
TOTAL GERAL				336,4000
VALOR ADOTADO				336,40

70. CAMINHÃO CARROÇARIA DE MADEIRA - EQUIPADO COM "MÜNCK"

UNIDADE DE MEDIÇÃO: H

Descritivo	Un	Preço	Quant.	Subtotal
Caminhão carroçaria de madeira - equipado com "Münck"	H	25,00	1,0000	25,0000
VALOR ADOTADO				25,00

71. CAMINHÃO CARROÇARIA DE MADEIRA - 6 TONELADAS

UNIDADE DE MEDIÇÃO: H

Descritivo	Un	Preço	Quant.	Subtotal
Caminhão carroçaria de madeira - 6 toneladas	H	25,00	1,0000	25,0000
VALOR ADOTADO				25,00

4. Parque Trianon

72. CAMINHÃO BASCULANTE - COM CAPACIDADE PARA 4,00 M3

UNIDADE DE MEDICAO: H

Descritivo	Un	Preço	Quant.	Subtotal
Caminhão basculante - com capacidade para 4,00 m3	H	24,00	1,0000	24,0000

VALOR ADOTADO 24,00

73. CAMINHÃO TANQUE IRRIGADOR - CAPACIDADE PARA 6.000 LITROS

UNIDADE DE MEDICAO: H

Descritivo	Un	Preço	Quant.	Subtotal
Caminhão tanque irrigador - capacidade para 6.000 litros	H	24,00	1,0000	24,0000

VALOR ADOTADO 24,00

74. CAMINHÃO COM GUINDASTE E CESTO ELEVATÓRIO - 25 A 30 METROS

UNIDADE DE MEDICAO: H

Descritivo	Un	Preço	Quant.	Subtotal
Caminhão com guindaste e cesto elevatório - 25 a 30 metros	H	50,00	1,0000	50,0000

VALOR ADOTADO 50,00

76. CAMINHÃO PARA LIMPEZA DE GALERIAS - HIDROJATO E ALTO VÁCUO

UNIDADE DE MEDICAO: H

Descritivo	Un	Preço	Quant.	Subtotal
Caminhão para limpeza de galerias - hidrojato e alto vácuo	H	100,00	1,0000	100,0000

VALOR ADOTADO 100,00

Maurício de Oliveira
RF. 639.653.47
SVMA.GIAJ

4. Parque Trianon

77. TRITURADOR DE GALHOS Ø 4" - PINHEIRO TP 200 OU SIMILAR

UNIDADE DE MEDICAO: H

Descritivo	Un	Preço	Quant.	Subtotal
Triturador de galhos Ø 4" - PINHEIRO TP 200 ou similar	H	5,00	1,0000	5,0000

VALOR ADOTADO 5,00

91. PLANTAS FLORÍFERAS COMUNS PARA ORNAMENTAÇÃO - TIPO 1

UNIDADE DE MEDICAO: CX

Descritivo	Un	Preço	Quant.	Subtotal
Plantas floríferas comuns para ornamentação - tipo 1 Caixas com 15 (quinze) mudas cada uma	CX	2,80	1,0000	2,8000

VALOR ADOTADO 2,80

REPRESENTANTE LEGAL DA EMPRESA

SERVIÇOS TÉCNICOS DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE PARQUES MUNICIPAIS
GRUPO ACLIMAÇÃO - PROPOSTA DE PREÇOS

4. Parque Trianon

descritivo	un	quant.	custo unit.	subtotal
14. LIMPEZA EXTERNA E CONSERVAÇÃO DE ÁREAS VERDES	DIA	365,00	474,28	173.112,20
24. ZELADORIA DE SANITÁRIO - LIMPEZA E FORNECIMENTO DE MATERIAL	DIA	365,00	205,57	75.033,05
41. SERVIÇO DE COLETA E DESTINAÇÃO DE LIXO - CONTAINER DE 7 M3	VG	24,00	336,40	8.073,60
70. CAMINHÃO CARROÇARIA DE MADEIRA - EQUIPADO COM "MÜNCK"	H	30,00	25,00	750,00
71. CAMINHÃO CARROÇARIA DE MADEIRA - 6 TONELADAS	H	50,00	25,00	1.250,00
72. CAMINHÃO BASCULANTE - COM CAPACIDADE PARA 4,00 M3	H	10,00	24,00	240,00
73. CAMINHÃO TANQUE IRRIGADOR - CAPACIDADE PARA 6.000 LITROS	H	10,00	24,00	240,00
74. CAMINHÃO COM GUINDASTE E CESTO ELEVATÓRIO - 25 A 30 METROS	H	50,00	50,00	2.500,00
76. CAMINHÃO PARA LIMPEZA DE GALERIAS - HIDROJATO E ALTO VÁCUO	H	20,00	100,00	2.000,00
77. TRITURADOR DE GALHOS Ø 4" - PINHEIRO TP 200 OU SIMILAR	H	100,00	5,00	500,00
91. PLANTAS FLORÍFERAS COMUNS PARA ORNAMENTAÇÃO - TIPO 1	CX	800,00	2,80	2.240,00
SUB-TOTAL DOS SERVIÇOS - PARQUE TRIANON			R\$ 265.938,85	

ANEXO III. Termo de Cooperação entre a Secretaria do Verde e do Meio Ambiente e a Universidade Paulista



2. Para atingir os objetivos do presente Termo de Cooperação, as partes concordam em:

- a) Realizar intercâmbio de informações quanto ao desenvolvimento da pesquisa, cabendo à Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente o fornecimento de dados relativos ao objeto da pesquisa e à Universidade Paulista o tratamento e avaliação dos dados.
- b) Organizar seminários e encontros sobre temas de pesquisa.
- c) Organizar todo o tipo de colaboração que possa levar ao êxito dos objetivos do presente Termo de Cooperação.

CLÁUSULA TERCEIRA
DA DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS

3. Ambas instituições concordam sobre a importância da divulgação dos resultados, porém, deverá haver concordância de ambas as partes sobre o conteúdo a ser divulgado.

3.1. Toda divulgação deverá conter os créditos referentes à fonte dos dados e da análise dos resultados.

CLÁUSULA QUARTA
DA COORDENAÇÃO

4. Cada Instituição designará um membro como representante encarregado do presente Termo de Cooperação.

4.1. É tarefa do membro mencionado no item 4 agir como principal contato relativo às atividades individuais ou em grupo, planejar, coordenar e empenhar-se ao máximo para a viabilização de todas as atividades de sua universidade.

4.2. Estes representantes deverão reunir-se para avaliar as atividades executadas e propor projetos de cooperação futura.

4.3. Cada representante encarregado designará o pessoal necessário para o fornecimento de dados e para a avaliação dos mesmos.

CLÁUSULA QUINTA
DO PRAZO DE VIGÊNCIA

5. O presente Termo de Cooperação vigorará pelo prazo de 05 (cinco) anos, contados a partir da data de sua assinatura, podendo ser prorrogado e/ou alterado mediante Termo Aditivo com o mútuo consentimento das partes.



CLÁUSULA SEXTA
DA RESCISÃO DO TERMO DE COOPERAÇÃO

6. As partes reservam-se ao direito de rescindir o presente Termo de Cooperação mediante notificação prévia de 03 (três) meses.

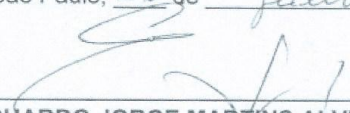
6.1. Em caso de rescisão ou de não renovação do presente Termo de Cooperação, as partes devem permitir aos estudantes e/ou acadêmicos envolvidos, levar a termo as atividades decorrentes do presente Termo de Cooperação e nas quais já encontravam-se empenhados.

CLÁUSULA SÉTIMA
DO FORO

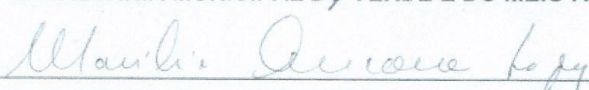
7. Fica eleito o foro da Fazenda Pública da Capital de São Paulo para dirimir quaisquer dúvidas oriundas do presente Termo de Cooperação, renunciando a qualquer outro por mais privilegiado que seja.

E, por estarem de acordo, as partes assinam o presente Convênio, em 04 (quatro) vias de igual teor e forma, na presença de 2 (duas) testemunhas instrumentais.

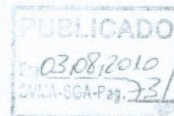
São Paulo, 30 de julho de 2010



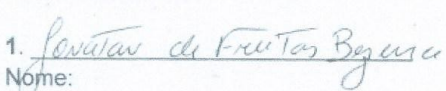
EDUARDO JORGE MARTINS ALVES SOBRINHO
SECRETARIA MUNICIPAL DO VERDE E DO MEIO AMBIENTE



PROFª DOUTORA MARÍLIA ANCONA-LOPEZ
Vice-Reitora de Pós-Graduação e Pesquisa
Universidade Paulista - UNIP



TESTEMUNHAS:

1. 
Nome:
R.G. nº 48.309.354-0

2. 
Nome:
R.G. nº 12.359.206-9

ANEXO IV – Cálculos para a implantação e operação do Parque Tenente Siqueira Campos (Trianon)

Implantação - Recursos Provenientes da Economia

1. Concreto

Área do passeio x 0,05 m x 1,53 x 10⁶ g/m³ x 1/25 =

Densidade da brita: 1,53 x 10⁶ g/m³

Pavimento de concreto do asfalto: 5 cm

Vida útil: 25 anos

Área do passeio parque: 800m²

Área de edificações do parque: 200m²

Concreto do passeio:

Área x 0,05 m x 2,5 x 10⁶ g/m³ x 1/25 = 4 x 10⁶ g/ano

Concreto das edificações:

6 paredes de 3 metros de altura

(nº de paredes) x 14,14 m x 3 m x 12,5 blocos/m² x 13600 g/bloco x 1/25 = 1,73 x 10⁶ g/ano

Concreto do Piso:

200m² x 0,1 m x 2,5 x 10⁶ g/m³ x 1/25 = 2 x 10⁶ g/ano

Concreto Total= 4 x 10⁶ + 1,73 x 10⁶ + 2 x 10⁶ = 7,73 x 10⁶ g/ano

2. Aço

A razão entre a quantidade de aço e o concreto da construção: 0,04

Quantidade de aço=7,73 x 10⁶ g/ano x 0,04=3,09 x 10⁵ g/ano

3. Brita

Área do passeio x 0,05 m x 1,53 x 10⁶ g/m³ x 1/25 =

Densidade da brita: 1,53 x 10⁶ g/m³

Pavimento de concreto do asfalto: 5 cm

Vida útil: 25 anos

Quantidade de brita = $800 \times 0,05 \times 1,53 \times 10^6 \times 1/25 = 2,56 \times 10^6$ g/ano

4. Mudanças

Percentual de grama no parque = 20% da área verde

Massa seca das mudas = 6,6 g/muda

Vida útil da grama = 10 anos.

Energia das mudas (implantação) = $6,6 \times \text{percentual de grama} \times \text{área verde} \times 7623 \times 4,186 \times 1/10$

Energia das mudas (implantação) = $6,6 \times 0,2 \times 47.600 \times 7623 \times 4,186 \times 1/10 = 2,00 \times 10^8$ J/ano

Operação - Recursos Renováveis

Área Total do Parque: 48.600m²

Área Construída: 1.000m²

Área Verde: 47.600m²

1. Irradiação Solar

Insolação Média = $3,96 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}}$ (CRESEB, 2011)

Albedo: 22% (1-0,22=0,78)

Total de Irradiação Solar:

$$48.600 \text{ m}^2 \times 3,96 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}} \times 365 \frac{\text{dias}}{\text{ano}} \times 3.600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \times 1.000 \frac{\text{J}}{\text{kJ}} \times 0,78 = 1,97 \times 10^{14} \text{ J / ano}$$

2. Energia Cinética do Vento

Velocidade média sazonal a 50 m de altura: 5,53 m/s (CRESEB, 2011)

Densidade do ar = 1,23 kg/m³ (ODUM, 1996, p.294).

Drag Coeficiente = $1,00 \times 10^{-3}$ (CAVALLET, 2006, p.219).

Energia Cinética do vento = (área do parque) x (densidade do ar) x (drag coefficient – trabalho do vento) x (velocidade)³

Energia Cinética do vento

$$= 48.600 \text{ m}^2 \times 1,23 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,001 \times \left(5,53 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^3 \times 3,15 \times 10^7 \frac{\text{s}}{\text{ano}} = 3,18 \times 10^{11} \frac{\text{J}}{\text{ano}}$$

3. Energia Química da Chuva

Média mensal de precipitação= 145 mm/mês. (CPTEC, 2011)

$$145 \frac{\text{mm}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{ano}} \times \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} = 1,74 \frac{\text{m}}{\text{ano}}$$

Energia Livre de Gibbs = 4.940 J/kg (ODUM, 1996, p.295).

Energia química da chuva = (área) x (precipitação) x (Energia Livre de Gibbs).

$$\text{Energia chuva} = 48.600 \text{ m}^2 \times 1,74 \frac{\text{m}}{\text{ano}} \times 4.940 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 4,18 \times 10^{11} \frac{\text{J}}{\text{ano}}$$

4. Energia Geopotencial da Chuva

Elevação Média

Região Centro-Oeste: 10 m

Região Leste, Norte e Sul: 20 m

A altura média de cada parque foi considerada a partir de dados tomados no mapa hipsométrico do município de São Paulo de acordo com a diferença entre altitude da região onde o parque se encontra e a altitude da região de várzea mais próxima.

Runoff = 10% da precipitação média

Aceleração da Gravidade = 9,8 m/s²

Energia Geopotencial da chuva = (área do parque) x (precipitação média) x (% de runoff) x (elevação média) x (aceleração da gravidade)

$$\text{En Geopotencial da Chuva} = 48.600 \text{ m}^2 \times 1,74 \frac{\text{m}}{\text{ano}} \times 0,90 \times 10 \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 7,46 \times 10^9 \frac{\text{J}}{\text{ano}}$$

5. Energia Geotérmica

Calor Geotérmico: 51 mW/m² (HAMZA, 2003)

$$\text{Energia Geotérmica} = 47.600 \text{ m}^2 \times 51 \frac{\text{mW}}{\text{m}^2} \times 10^{-3} \frac{\text{J}}{\text{s}} \times 31536000 \frac{\text{s}}{\text{ano}} = 7,66 \times 10^{10} \frac{\text{J}}{\text{ano}}$$

Operação - Recursos não renováveis

1. Solo ocupado

Taxa de erosão = 5 g/m²/ano (PIMENTEL *et al.*, 1995)

Percentual de matéria orgânica no solo = 0,04 (estimativa)

Energia / grama matéria orgânica no solo = 5,40 kcal/g

Perda líquida do solo = (área construída) x (razão de erosão)

Massa do solo ocupado= (massa total da área construída)x(percentual de matéria orgânica no solo)

Energia perdida = (perda de matéria orgânica)x(5,4kcal/g)x(4186J/kcal)

$$\text{Energia anual} = 1.000\text{m}^2 \times 5 \frac{\text{g}}{\text{m}^2.\text{ano}} \times 0,04 \times 5,4 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} \times 4.186 \frac{\text{J}}{\text{kcal}} = 4,52 \times 10^6 \text{J/ano}$$

Operação - Recursos Provenientes da Economia

1. Plástico

Plásticos utilizados na operação do parque:

Sacos de lixo (para coleta de lixo e ou coleta da poda), esponja, balde plástico (10 litros), escova lavatina de nylon ou piaçava, vassoura de piaçava (nº. 4), rodo com encosto simples de borracha.

Total de plásticos utilizados: 419,56 kg/ano

2. Produtos Químicos

Sabão detergente líquido biodegradável, saponáceo em pó, água sanitária, desinfetante líquido aromatizado, sabonete líquido aromatizado.

Total de produtos químicos utilizado: 378,32 kg/ano

3. Algodão

Pano de chão alvejado, 100% algodão (40 cm).

Total de algodão utilizado: 2,97 kg/ano

4. Papel

Papel higiênico (rolo de 30 metros) e papel toalha (rolo de 50 metros).

Total de papel utilizado: 206,33 kg/ano

5. Aço

Contêiner (7m³), microtrator agrícola, veículo elétrico Jacto VPT-09, retroescavadeira, caminhão carroceria de madeira – equipado com “MÜNCK”, caminhão de carroceria de madeira (6 toneladas), caminhão basculante (capacidade de 4m³), caminhão tanque irrigador (capacidade de 6000 litros), caminhão com guindaste e cesto elevatório (25 a 30 metros), caminhão para limpeza de galerias (hidrojato e alto vácuo), triturador de galhos, veículo utilitário para fiscalização.

Total de aços (equipamentos): 2541,67 kg/ano

Observações:

Todos os equipamentos (exceto o contêiner) são utilizados para todos os parques do grupo, portanto, o total de aço dos equipamentos foram divididos por quatro). O grupo do parque Tenente Siqueira Campos é chamado “Aclimação”, e seus integrantes são: Aclimação, Buenos Aires, Independência e Tenente Siqueira Campos. b) Tempo útil destes equipamentos: 10 anos.

6. Mão de Obra

O parque conta com 12 funcionários distribuídos da seguinte maneira: 5 ajudantes, 2 jardineiros, 1 encarregado de turma, 4 zeladores de banheiros.

$$\text{Energia dos funcionários} = 8 \times 7,33 \frac{\text{h}}{\text{dia}} \times 22 \frac{\text{dia}}{\text{mes}} \times 11 \frac{\text{mes}}{\text{ano}} \times 125 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \times 4186 \frac{\text{J}}{\text{kcal}} = 7,43 \times 10^9 \text{ J/ano}$$

Zeladores (banheiros)

$$\text{Energia dos zeladores} = 4 \times 12 \frac{\text{h}}{\text{dia}} \times 15 \frac{\text{dia}}{\text{mes}} \times 11 \frac{\text{mes}}{\text{ano}} \times 125 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \times 4186 \frac{\text{J}}{\text{kcal}} = 4,14 \times 10^9 \text{ J/ano}$$

$$\text{Energia total da mão de obra} = 7,43 \times 10^9 + 4,14 \times 10^9 = 1,16 \times 10^{10} \text{ J/ano}$$

7. Mudas

Percentual de mata nativa no parque = 80% da área verde

Flores (Tipo I) = 800 caixas/ano

Quantidade de mudas nas caixas de flores (tipo I) = 15 mudas

Quantidade de mudas de flores (tipo I) no parque = 800 x 15 = 1.200 mudas/ano

Flores (Tipo II) = 0 caixas/ano

Quantidade de mudas nas caixas de flores (tipo II) = 6 mudas

Quantidade de mudas de flores (tipo II) no parque = 0 x 6 = 0 mudas/ano

Mata seca das mudas = 6,6 g/muda

Energia das mudas das flores = número de mudas x 6,6 g/muda. ano x 7623 cal/g x 4,186 J/cal

Energia das mudas das flores = 12.000 x 6,6 x 7623 x 4,186 = 2,53 x 10⁹ J/ano

Plantas Perenes = 0

Energia das mudas de plantas perenes= número de mudas x 6,6 g/muda.ano x 7623 cal/g x 4,186 J/cal

Energia das mudas de plantas perenes = 0 x 6,6 x 7623 x 4,186 =0 J/ano

Grama = 0

Energia da grama= número de mudas x 6,6 g/muda.ano x 7623 cal/g x 4,186 J/cal

Energia da grama= 0 x 6,6 g/muda x 7623 cal/g x 4,186 J/cal = 0 J/ano

ANEXO V. Tabela em energia para a implantação e operação dos 73 parques em estudo (Disponível em DVD)

ANEXO VI. Tabela com a razão entre área verde e área construída e mão de obra

PARQUES	ÁREA (m ²)	ÁREA CONSTRUÍDA (m ²)	ÁREA VERDE/ÁREA CONSTRUÍDA	ENERGIA MÃO DE OBRA (seJ/ano)
Aclimação	112.200	19.431	0,83	1,21E+17
Alfredo Volpi	142.432	1.200	0,99	6,36E+16
Anhanguera	9.500.000	7.350	1,00	1,21E+17
Barragem Guarapiranga	88.000	3.500	0,96	3,29E+16
Benemérito Brás	22.300	2.500	0,89	4,18E+16
Buenos Aires	25.000	1.320	0,95	5,38E+16
Casa Modernista	12.710	650	0,95	1,20E+16
Cemucam	500.000	3.200	0,99	9,93E+16
Chácara das Flores	41.735	2.720	0,93	5,98E+16
Chico Mendes	61.600	3.455	0,94	4,18E+16
Cidade Toronto	109.100	10.362	0,91	6,36E+16
Ciência	187.000	2.500	0,99	8,56E+16
Cohab Raposo Tavares	195.000	24.300	0,88	2,00E+16
Colina de São Francisco	49.053	3.606	0,93	6,75E+16
Consciência Negra	130.135	18.203	0,86	4,99E+16
Cordeiro	34.000	2.921	0,91	4,18E+16
Ermelino Matarazzo	5.181	900	0,83	1,20E+16
Eucaliptos	15.447	792	0,95	2,58E+16
Faria Lima	40.131	3.735	0,91	6,36E+16
Guanhembú	71.920	700	0,99	4,99E+16
Guarapiranga	152.600	1.006	0,99	1,03E+17
Independência	161.300	3.870	0,98	6,58E+16
Jacinto Alberto	40.910	9.927	0,76	4,18E+16
Jacques Cousteau	335.000	29.000	0,91	5,38E+16
Jardim Felicidade	28.800	1.497	0,95	3,78E+16
Jardim Herculano	75.277	2.500	0,97	3,78E+16
Jardim Sapopemba	345.000	3.400	0,99	2,00E+16
Lajeado	36.000	2.460	0,93	2,98E+16
Linear Água Vermelha	124.207	2.450	0,98	5,20E+16
Linear Aricanduva	120.000	19.000	0,84	3,19E+16
Linear Canivete	60.000	2.400	0,96	3,99E+16
Linear Castelo	103.338	350	1,00	3,78E+16
Linear Caulim	16.000	1.200	0,93	1,60E+16
Linear Cocaia	1.000.000	1.300	1,00	1,60E+16
Linear do Fogo	30.000	2.819	0,91	2,40E+16
Linear Guaratiba	29.000	7.981	0,72	2,00E+16
Linear Itaim	60.000	750	0,99	3,19E+16
Linear Mongaguá	60.000	6.000	0,90	3,69E+16
Linear Parelheiros	16.000	3.041	0,81	2,00E+16
Linear Rapadura	70.000	2.460	0,96	2,40E+16

**Tabela com a razão entre área verde e área construída e mão de obra
(continuação)**

PARQUES	ÁREA (m ²)	ÁREA CONSTRUÍDA (m ²)	ÁREA VERDE/ÁREA CONSTRUÍDA	EMERGIA MÃO DE OBRA (seJ/ano)
Linear Sapé	23.544	320	0,99	2,47E+16
Linear Tiquatira	320.000	21.952	0,93	8,17E+16
Lions Club - Tucuruvi	23.700	1.967	0,92	4,56E+16
Luiz Carlos Prestes	27.100	2.900	0,89	6,36E+16
Luz	113.400	11.813	0,90	1,04E+17
M Boi Mirim	19.000	1.200	0,94	4,56E+16
Nabuco	31.300	1.487	0,95	4,18E+16
Nove de Julho	500.000	2.500	1,00	5,20E+16
Orlando Villas Boas	55.000	2.620	0,95	6,06E+16
Parque das Águas	76.300	12.099	0,84	1,05E+17
Pinheirinho D ' Água	250.306	8.958	0,96	1,52E+17
Piqueri	97.200	3.000	0,97	8,04E+16
Praia do Sol	17.900	14.400	0,20	3,78E+16
Previdência	91.500	1.316	0,99	4,99E+16
Raposo Tavares	195.000	16.000	0,92	6,58E+16
Raul Seixas	33.000	4.098	0,88	5,55E+16
Rodrigo Gásperi	39.000	6.121	0,84	4,69E+16
Santa Amélia	34.000	5.746	0,83	4,18E+16
Santo Dias	134.000	2.045	0,98	5,98E+16
São Domingos	80.000	5.366	0,93	4,56E+16
São José	79.115	19.000	0,76	2,89E+16
Sena	21.661	1.201	0,94	2,00E+16
Senhor do Vale	21.000	1.200	0,94	2,40E+16
Sete Campos	188.000	8.500	0,95	8,94E+16
Severo Gomes	34.900	1.168	0,97	4,18E+16
Shangrilá	75.643	2.426	0,97	4,18E+16
Trianon	48.600	1.000	0,98	4,99E+16
Vila do Rodeio	613.200	2.560	1,00	1,17E+17
Vila dos Remédios	109.800	15.716	0,86	6,36E+16
Vila Guilherme	187.000	19.000	0,90	1,04E+17
Vila Prudente	60.000	5.200	0,91	4,18E+16
Vila Sílvia	4.400	3.021	0,31	1,29E+16
Zilda Natel	2.386	1.908	0,20	2,58E+16

Anexo VII. Quantidades de biomassa, fixação de CO₂ e produção de O₂, evapotranspiração e infiltração dos 73 parques estudados do município de São Paulo

Parques	Quantidade de biomassa (g/ano)	Quantidade CO ₂ fixado (g/ano)	Quantidade O ₂ produzido (g/ano)	Evapotranspiração (m ³ /ano)	Infiltração (m ³ /ano)
Zilda Natel	1,42E+06	8,75E+05	1,20E+06	3,98E+02	3,51E+02
Vila Sílvia	4,11E+06	2,52E+06	3,47E+06	1,15E+03	1,01E+03
Praia do Sol	9,15E+06	5,62E+06	7,72E+06	3,03E+03	2,45E+03
Ermelino Matarazzo	1,12E+07	6,87E+06	9,45E+06	3,71E+03	2,99E+03
Casa Modernista	1,83E+07	1,12E+07	1,54E+07	1,17E+04	7,17E+03
Eucaliptos	2,22E+07	1,36E+07	1,88E+07	1,42E+04	8,72E+03
Linear Caulim	2,24E+07	1,38E+07	1,89E+07	1,44E+04	8,80E+03
Linear Parelheiros	2,44E+07	1,50E+07	2,06E+07	1,21E+04	8,16E+03
Linear Sapé	3,52E+07	2,16E+07	2,97E+07	2,26E+04	1,38E+04
Luiz Carlos Prestes	3,67E+07	2,25E+07	3,10E+07	2,35E+04	1,44E+04
Senhor do Vale	3,73E+07	2,29E+07	3,15E+07	1,85E+04	1,25E+04
Sena	3,85E+07	2,36E+07	3,25E+07	1,92E+04	1,29E+04
Buenos Aires	4,02E+07	2,47E+07	3,40E+07	2,26E+04	1,45E+04
Lions Club - Tucuruvi	4,09E+07	2,51E+07	3,45E+07	2,04E+04	1,37E+04
Jardim Felicidade	4,14E+07	2,54E+07	3,49E+07	2,65E+04	1,62E+04
Nabuco	4,52E+07	2,78E+07	3,82E+07	2,90E+04	1,77E+04
Cohab Raposo Tavares	4,56E+07	2,80E+07	3,85E+07	2,92E+04	1,79E+04
Rodrigo Gásperi	4,98E+07	3,06E+07	4,21E+07	3,19E+04	1,96E+04
Lajeado	5,08E+07	3,12E+07	4,29E+07	3,26E+04	1,99E+04
Severo Gomes	5,11E+07	3,14E+07	4,32E+07	3,28E+04	2,01E+04
Benemérito Brás	5,18E+07	3,18E+07	4,37E+07	1,72E+04	1,38E+04
Cordeiro	5,28E+07	3,24E+07	4,46E+07	2,96E+04	1,90E+04
M Boi Mirim	5,30E+07	3,26E+07	4,48E+07	1,48E+04	1,31E+04
Linear Guaratiba	5,49E+07	3,37E+07	4,64E+07	1,82E+04	1,47E+04
Jacinto Alberto	5,83E+07	3,58E+07	4,92E+07	2,90E+04	1,95E+04
Chácara das Flores	5,91E+07	3,63E+07	4,99E+07	3,79E+04	2,32E+04
Linear do Fogo	6,61E+07	4,06E+07	5,58E+07	2,40E+04	1,85E+04
Faria Lima	6,85E+07	4,21E+07	5,78E+07	3,41E+04	2,29E+04
Colina de São Francisco	6,89E+07	4,23E+07	5,82E+07	4,41E+04	2,70E+04
Trianon	7,22E+07	4,43E+07	6,09E+07	4,62E+04	2,83E+04
Raul Seixas	7,55E+07	4,64E+07	6,38E+07	2,51E+04	2,02E+04
São José	8,01E+07	4,92E+07	6,77E+07	5,94E+04	3,47E+04
Linear Mongaguá	8,19E+07	5,03E+07	6,91E+07	5,24E+04	3,21E+04
Santa Amélia	8,42E+07	5,17E+07	7,11E+07	2,35E+04	2,07E+04
Chico Mendes	8,81E+07	5,41E+07	7,44E+07	5,65E+04	3,46E+04
Linear Itaim	8,98E+07	5,52E+07	7,58E+07	5,75E+04	3,52E+04
Lydia Natalizio Vila Prudente	1,03E+08	6,33E+07	8,71E+07	5,13E+04	3,45E+04
Guanhembú	1,08E+08	6,63E+07	9,12E+07	6,92E+04	4,24E+04
Jardim Herculano	1,10E+08	6,77E+07	9,31E+07	7,07E+04	4,33E+04
São Domingos	1,13E+08	6,95E+07	9,55E+07	7,25E+04	4,44E+04

Quantidades de biomassa, fixação de CO₂ e produção de O₂, evapotranspiração e infiltração dos 73 parques estudados do município de São Paulo (continuação)

Parques	Quantidade de biomassa (g/ano)	Quantidade CO ₂ fixado (g/ano)	Quantidade O ₂ produzido (g/ano)	Evapotranspiração (m ³ /ano)	Infiltração (m ³ /ano)
Águas	1,21E+08	7,42E+07	1,02E+08	6,01E+04	4,04E+04
Barragem Guarapiranga	1,28E+08	7,87E+07	1,08E+08	8,21E+04	5,03E+04
Linear Canivete	1,29E+08	7,95E+07	1,09E+08	5,19E+04	3,83E+04
Previdência	1,37E+08	8,39E+07	1,15E+08	8,76E+04	5,36E+04
Orlando Villas Boas	1,37E+08	8,41E+07	1,16E+08	4,54E+04	3,66E+04
Linear Castelo	1,37E+08	8,43E+07	1,16E+08	1,02E+05	5,95E+04
Shangrilá	1,38E+08	8,46E+07	1,16E+08	6,86E+04	4,61E+04
Aclimação	1,41E+08	8,64E+07	1,19E+08	9,01E+04	5,52E+04
Vila dos Remédios	1,43E+08	8,76E+07	1,20E+08	9,14E+04	5,60E+04
Piqueri	1,43E+08	8,77E+07	1,21E+08	9,15E+04	5,60E+04
Luz	1,54E+08	9,46E+07	1,30E+08	9,87E+04	6,04E+04
Linear Rapadura	1,64E+08	1,01E+08	1,39E+08	5,97E+04	4,60E+04
Consciência Negra	1,70E+08	1,04E+08	1,43E+08	1,09E+05	6,66E+04
Santo Dias	2,00E+08	1,23E+08	1,69E+08	1,28E+05	7,85E+04
Alfredo Volpi	2,14E+08	1,31E+08	1,81E+08	1,37E+05	8,40E+04
Cidade Toronto	2,22E+08	1,36E+08	1,87E+08	8,90E+04	6,56E+04
Independência	2,39E+08	1,47E+08	2,01E+08	1,53E+05	9,36E+04
Ciência	2,80E+08	1,72E+08	2,36E+08	1,79E+05	1,10E+05
Linear Aricanduva	2,82E+08	1,73E+08	2,38E+08	8,58E+04	7,24E+04
Guarapiranga	2,85E+08	1,75E+08	2,41E+08	1,42E+05	9,54E+04
Linear Água Vermelha	3,18E+08	1,95E+08	2,69E+08	1,06E+05	8,51E+04
Raposo Tavares	3,37E+08	2,07E+08	2,84E+08	1,68E+05	1,13E+05
Vila Guilherme	3,78E+08	2,32E+08	3,19E+08	1,51E+05	1,12E+05
Jacques Cousteau	4,64E+08	2,85E+08	3,92E+08	2,97E+05	1,82E+05
Sete Campos	4,69E+08	2,88E+08	3,96E+08	1,56E+05	1,25E+05
Linear Tiquatira	5,61E+08	3,44E+08	4,74E+08	2,79E+05	1,88E+05
Pinheirinho D ' Água	5,87E+08	3,60E+08	4,95E+08	2,13E+05	1,65E+05
Cemucam	7,53E+08	4,62E+08	6,36E+08	4,83E+05	2,95E+05
Nove de Julho	7,54E+08	4,63E+08	6,37E+08	4,83E+05	2,96E+05
Jardim Sapoemba	7,68E+08	4,72E+08	6,48E+08	3,08E+05	2,27E+05
Vila do Rodeio	1,37E+09	8,43E+08	1,16E+09	5,51E+05	4,06E+05
Linear Cocaia	1,51E+09	9,30E+08	1,28E+09	9,70E+05	5,94E+05
Anhanguera	1,44E+10	8,84E+09	1,21E+10	9,22E+06	5,65E+06

Anexo VIII. Energia da produção primária líquida (NPP) e o valor em dólar dos 73 parques em estudo deste trabalho ordenados em ordem decrescente de acordo com sua produção primária líquida

Parques	ENERGIA NPP (mata alta) seJ/ano	Emdolar (mata alta)	ENERGIA NPP (grama) seJ /ano	Emdolar (grama)	Energia TOTAL NPP seJ/ano	Emdolar (NPP)
Anhanguera	9,09E+17	7,77E+05	6,13E+16	5,24E+04	9,71E+17	8,30E+06
Linear Cocaia	9,57E+16	8,18E+04	6,45E+15	5,51E+03	1,02E+17	8,73E+05
Nove de Julho	4,77E+16	4,07E+04	3,21E+15	2,75E+03	5,09E+16	4,35E+05
Cemucam	4,76E+16	4,07E+04	3,21E+15	2,74E+03	5,08E+16	4,34E+05
Vila do Rodeio	2,92E+16	2,50E+04	1,18E+16	1,01E+04	4,11E+16	3,51E+05
Jacques Cousteau	2,93E+16	2,51E+04	1,98E+15	1,69E+03	3,13E+16	2,67E+05
Linear Tiquatira	2,14E+16	1,83E+04	3,85E+15	3,29E+03	2,53E+16	2,16E+05
Jardim Sapopemba	1,64E+16	1,40E+04	6,62E+15	5,66E+03	2,30E+16	1,96E+05
Ciência	1,77E+16	1,51E+04	1,19E+15	1,02E+03	1,89E+16	1,61E+05
Independência	1,51E+16	1,29E+04	1,02E+15	8,69E+02	1,61E+16	1,38E+05
Raposo Tavares	1,29E+16	1,10E+04	2,31E+15	1,98E+03	1,52E+16	1,30E+05
Alfredo Volpi	1,35E+16	1,16E+04	9,12E+14	7,80E+02	1,44E+16	1,23E+05
Pinheirinho D ' Água	8,67E+15	7,41E+03	5,46E+15	4,66E+03	1,41E+16	1,21E+05
Santo Dias	1,26E+16	1,08E+04	8,52E+14	7,29E+02	1,35E+16	1,15E+05
Guarapiranga	1,09E+16	9,31E+03	1,96E+15	1,67E+03	1,29E+16	1,10E+05
Linear Castelo	1,11E+16	9,49E+03	3,33E+14	2,84E+02	1,14E+16	9,77E+04
Consciência Negra	1,07E+16	9,16E+03	7,23E+14	6,18E+02	1,14E+16	9,78E+04
Vila Guilherme	8,05E+15	6,88E+03	3,26E+15	2,78E+03	1,13E+16	9,66E+04
Luz	9,73E+15	8,32E+03	6,56E+14	5,61E+02	1,04E+16	8,88E+04
Piqueri	9,02E+15	7,71E+03	6,09E+14	5,20E+02	9,63E+15	8,23E+04
Vila dos Remédios	9,01E+15	7,70E+03	6,08E+14	5,19E+02	9,62E+15	8,22E+04
Aclimação	8,89E+15	7,60E+03	5,99E+14	5,12E+02	9,49E+15	8,11E+04
Previdência	8,64E+15	7,38E+03	5,83E+14	4,98E+02	9,22E+15	7,88E+04
Sete Campos	4,30E+15	3,67E+03	4,64E+15	3,96E+03	8,94E+15	7,64E+04
Barragem Guarapiranga	8,10E+15	6,92E+03	5,46E+14	4,67E+02	8,64E+15	7,39E+04
São Domingos	7,15E+15	6,11E+03	4,82E+14	4,12E+02	7,63E+15	6,52E+04
Jardim Herculano	6,97E+15	5,96E+03	4,70E+14	4,02E+02	7,44E+15	6,36E+04
Guanhembú	6,82E+15	5,83E+03	4,60E+14	3,93E+02	7,28E+15	6,22E+04
São José	6,48E+15	5,54E+03	1,94E+14	1,66E+02	6,67E+15	5,70E+04
Cidade Toronto	4,73E+15	4,04E+03	1,91E+15	1,64E+03	6,64E+15	5,68E+04
Shangrilá	5,26E+15	4,50E+03	9,46E+14	8,09E+02	6,21E+15	5,30E+04
Linear Itaim	5,68E+15	4,85E+03	3,83E+14	3,27E+02	6,06E+15	5,18E+04
Linear Água Vermelha	2,92E+15	2,49E+03	3,15E+15	2,69E+03	6,06E+15	5,18E+04
Chico Mendes	5,57E+15	4,76E+03	3,76E+14	3,21E+02	5,95E+15	5,08E+04
Linear Mongaguá	5,17E+15	4,42E+03	3,49E+14	2,98E+02	5,52E+15	4,72E+04
Águas	4,61E+15	3,94E+03	8,29E+14	7,09E+02	5,44E+15	4,65E+04
Trianon	4,56E+15	3,90E+03	3,07E+14	2,63E+02	4,87E+15	4,16E+04

Energia da produção primária líquida (NPP) e o valor em dólar dos 73 parques em estudo deste trabalho ordenados em ordem decrescente de acordo com sua produção primária líquida (continuação)

Parques	EMERGIA NPP (mata alta) seJ/ano	Emdolar (mata alta)	EMERGIA NPP (grama) seJ /ano	Emdolar (grama)	Energia TOTAL NPP seJ/ano	Emdolar (NPP)
Lydia Natalizio Diogo - Vila Prudente	3,94E+15	3,37E+03	7,08E+14	6,05E+02	4,65E+15	3,97E+04
Colina de São Francisco	4,35E+15	3,72E+03	2,94E+14	2,51E+02	4,65E+15	3,97E+04
Linear Aricanduva	1,21E+15	1,03E+03	2,94E+15	2,51E+03	4,15E+15	3,54E+04
Chácara das Flores	3,74E+15	3,19E+03	2,52E+14	2,15E+02	3,99E+15	3,41E+04
Linear Rapadura	2,43E+15	2,07E+03	1,53E+15	1,31E+03	3,95E+15	3,38E+04
Linear Canivete	2,76E+15	2,36E+03	1,12E+15	9,54E+02	3,88E+15	3,31E+04
Severo Gomes	3,23E+15	2,76E+03	2,18E+14	1,86E+02	3,45E+15	2,95E+04
Lajeado	3,21E+15	2,75E+03	2,17E+14	1,85E+02	3,43E+15	2,93E+04
Rodrigo Gásperi	3,15E+15	2,69E+03	2,12E+14	1,82E+02	3,36E+15	2,87E+04
Faria Lima	2,62E+15	2,24E+03	4,70E+14	4,02E+02	3,09E+15	2,64E+04
Cohab Raposo Tavares	2,88E+15	2,46E+03	1,94E+14	1,66E+02	3,08E+15	2,63E+04
Nabuco	2,86E+15	2,44E+03	1,93E+14	1,65E+02	3,05E+15	2,61E+04
Cordeiro	2,61E+15	2,23E+03	3,01E+14	2,57E+02	2,91E+15	2,48E+04
Jardim Felicidade	2,62E+15	2,24E+03	1,76E+14	1,51E+02	2,79E+15	2,39E+04
Jacinto Alberto	2,23E+15	1,90E+03	4,00E+14	3,42E+02	2,63E+15	2,24E+04
Orlando Villas Boas	1,25E+15	1,07E+03	1,35E+15	1,16E+03	2,61E+15	2,23E+04
Luiz Carlos Prestes	2,32E+15	1,98E+03	1,56E+14	1,34E+02	2,47E+15	2,12E+04
Linear Sapé	2,22E+15	1,90E+03	1,50E+14	1,28E+02	2,37E+15	2,03E+04
Buenos Aires	1,98E+15	1,70E+03	2,29E+14	1,96E+02	2,21E+15	1,89E+04
Lions Club - Tucuruvi	1,56E+15	1,33E+03	2,81E+14	2,40E+02	1,84E+15	1,57E+04
Sena	1,47E+15	1,26E+03	2,64E+14	2,26E+02	1,73E+15	1,48E+04
Senhor do Vale	1,42E+15	1,22E+03	2,56E+14	2,19E+02	1,68E+15	1,43E+04
Linear do Fogo	9,76E+14	8,35E+02	6,15E+14	5,25E+02	1,59E+15	1,36E+04
Linear Caulim	1,42E+15	1,21E+03	9,56E+13	8,17E+01	1,51E+15	1,29E+04
Eucaliptos	1,40E+15	1,20E+03	9,47E+13	8,09E+01	1,50E+15	1,28E+04
Raul Seixas	6,92E+14	5,92E+02	7,47E+14	6,38E+02	1,44E+15	1,23E+04
Casa Modernista	1,16E+15	9,87E+02	7,79E+13	6,66E+01	1,23E+15	1,05E+04
Linear Parelheiros	9,31E+14	7,96E+02	1,67E+14	1,43E+02	1,10E+15	9,39E+03
Linear Guaratiba	5,03E+14	4,30E+02	5,43E+14	4,64E+02	1,05E+15	8,94E+03
Benemérito Brás	4,74E+14	4,05E+02	5,12E+14	4,37E+02	9,86E+14	8,43E+03
Santa Amélia	0	0	9,13E+14	7,80E+02	9,13E+14	7,80E+03
M Boi Mirim	0	0	5,75E+14	4,91E+02	5,75E+14	4,91E+03
Ermelino Matarazzo	1,03E+14	8,76E+01	1,11E+14	9,45E+01	2,13E+14	1,82E+03
Praia do Sol	0	0	1,13E+14	9,66E+01	1,13E+14	9,66E+02
Vila Silvia	0	0	4,45E+13	3,81E+01	4,45E+13	3,81E+02
Zilda Natel	0	0	1,54E+13	1,32E+01	1,54E+13	1,32E+02
73 parques	1,51E+18	1,29E+06	1,51E+17	1,29E+05	1,66E+18	1,42E+07

Observa-se na tabela 10 que os parques com menor energia da produção primária líquida (NPP) são: Parque Zilda Natel ($1,54 \times 10^{13}$ seJ/ano), Vila Silvia ($4,45 \times 10^{13}$ seJ/ano), Praia do Sol ($1,13 \times 10^{14}$ seJ/ano), Ermelino Matarazzo ($2,13 \times 10^{14}$ seJ/ano) e M Boi Mirim ($5,5 \times 10^{14}$ seJ/ano). Estes parques são os que menos contribuem para cidade no que diz respeito a produção de biomassa e por consequência menor fixação de CO_2 e menor produção de O_2 . Os parques com maior energia da produção primária líquida (NPP) são: Vila do Rodeio ($4,11 \times 10^{16}$ seJ/ano), Cemucam ($5,08 \times 10^{16}$ seJ/ano), Nove de Julho ($5,09 \times 10^{16}$ seJ/ano), Linear Cocaia ($1,12 \times 10^{17}$ seJ/ano) e Anhanguera ($9,71 \times 10^{17}$ seJ/ano), estes parques são os que mais contribuem para cidade em relação a produção de biomassa e por consequência a fixação de CO_2 e produção de O_2 .

Os parques que apresentam maiores valores para o emdolar referentes a energia do NPP são: Vila do Rodeio (Em\$ $3,51 \times 10^5$), Cemucam (Em\$ $4,34 \times 10^5$), Nove de Julho (Em\$ $4,35 \times 10^5$), Linear Cocaia (Em\$ $8,73 \times 10^5$) e Anhanguera (Em\$ $8,30 \times 10^6$). Os parques com menores valores para o emdolar em relação a energia da produção da NPP são: Zilda Natel (Em\$ $1,32 \times 10^2$), Vila Silvia (Em\$ $3,81 \times 10^2$), Praia do Sol (Em\$ $9,66 \times 10^2$), Ermelino Matarazzo (Em\$ $1,82 \times 10^3$) e M Boi Mirim (Em\$ $4,91 \times 10^3$).

Estes resultados confirmam que os parques Vila do Rodeio, Cemucam, Nove de Julho, linear Cocaia e Anhanguera são os que mais contribuem para a cidade de São Paulo em relação ao meio ambiente. Os parques Zilda Natel, Vila Silvia, Praia do Sol, Ermelino Matarazzo e M Boi Mirim não contribuem para a cidade em relação a proteção ao meio ambiente, entretanto beneficiam a população em seu entorno no quesito lazer e recreação.

Anexo IX. Energia e o custo em emdolar da fixação de CO₂ e produção de O₂ nos parques em estudo, em ordem crescente em energia

Parques	Energia CO ₂ (seJ/ano)	Emdolar (Fixação de CO ₂)	Energia O ₂ (seJ/ano)	Emdolar (Produção de O ₂)
Anhanguera	3,66E+17	3,13E+05	6,92E+17	5,91E+05
Linear Cocaia	3,85E+16	3,29E+04	7,28E+16	6,22E+04
Nove de Julho	1,92E+16	1,64E+04	3,62E+16	3,10E+04
Cemucam	1,91E+16	1,64E+04	3,62E+16	3,09E+04
Vila do Rodeio	1,55E+16	1,32E+04	2,93E+16	2,50E+04
Jacques Cousteau	1,18E+16	1,01E+04	2,23E+16	1,91E+04
Linear Tiquatira	9,52E+15	8,14E+03	1,80E+16	1,54E+04
Jardim Sapopemba	8,67E+15	7,41E+03	1,64E+16	1,40E+04
Ciência	7,11E+15	6,08E+03	1,34E+16	1,15E+04
Independência	6,07E+15	5,18E+03	1,15E+16	9,80E+03
Raposo Tavares	5,72E+15	4,89E+03	1,08E+16	9,24E+03
Alfredo Volpi	5,44E+15	4,65E+03	1,03E+16	8,79E+03
Pinheirinho D ' Água	5,33E+15	4,55E+03	1,01E+16	8,61E+03
Santo Dias	5,08E+15	4,35E+03	9,61E+15	8,22E+03
Guarapiranga	4,84E+15	4,14E+03	9,16E+15	7,83E+03
Linear Castelo	4,31E+15	3,68E+03	8,14E+15	6,96E+03
Consciência Negra	4,31E+15	3,69E+03	8,15E+15	6,97E+03
Vila Guilherme	4,26E+15	3,64E+03	8,06E+15	6,89E+03
Luz	3,91E+15	3,35E+03	7,40E+15	6,33E+03
Vila dos Remédios	3,63E+15	3,10E+03	6,85E+15	5,86E+03
Piqueri	3,63E+15	3,10E+03	6,86E+15	5,87E+03
Aclimação	3,57E+15	3,06E+03	6,76E+15	5,78E+03
Previdência	3,47E+15	2,97E+03	6,57E+15	5,62E+03
Sete Campos	3,37E+15	2,88E+03	6,38E+15	5,45E+03
Barragem Guarapiranga	3,26E+15	2,78E+03	6,16E+15	5,26E+03
São Domingos	2,88E+15	2,46E+03	5,44E+15	4,65E+03
Jardim Herculano	2,80E+15	2,40E+03	5,30E+15	4,53E+03
Guanhembú	2,74E+15	2,35E+03	5,19E+15	4,43E+03
São José	2,51E+15	2,15E+03	4,75E+15	4,06E+03
Cidade Toronto	2,50E+15	2,14E+03	4,74E+15	4,05E+03
Shangrilá	2,34E+15	2,00E+03	4,42E+15	3,78E+03
Linear Água Vermelha	2,29E+15	1,96E+03	4,32E+15	3,70E+03
Linear Itaim	2,28E+15	1,95E+03	4,32E+15	3,69E+03
Chico Mendes	2,24E+15	1,91E+03	4,24E+15	3,62E+03
Linear Mongagua	2,08E+15	1,78E+03	3,93E+15	3,36E+03
Águas	2,05E+15	1,75E+03	3,88E+15	3,31E+03
Tranon	1,83E+15	1,57E+03	3,47E+15	2,96E+03
Lydia Natalizio Vila Prudente	1,75E+15	1,50E+03	3,31E+15	2,83E+03
Colina de São Francisco	1,75E+15	1,50E+03	3,31E+15	2,83E+03
Linear Aricanduva	1,57E+15	1,34E+03	2,96E+15	2,53E+03
Chácara das Flores	1,50E+15	1,28E+03	2,84E+15	2,43E+03

Anexo IX. (Continuação) Emergia e o custo em emdolar da fixação de CO₂ e produção de O₂ nos parques em estudo, em ordem crescente em emergia

Parques	Emergia CO ₂ (seJ/ano)	Emdolar (Fixação de CO ₂)	Emergia O ₂ (seJ/ano)	Emdolar (Produção de O ₂)
Chácara das Flores	1,50E+15	1,28E+03	2,84E+15	2,43E+03
Linear Rapadura	1,49E+15	1,27E+03	2,82E+15	2,41E+03
Linear Canivete	1,46E+15	1,25E+03	2,76E+15	2,36E+03
Severo Gomes	1,30E+15	1,11E+03	2,46E+15	2,10E+03
Lajeado	1,29E+15	1,10E+03	2,44E+15	2,09E+03
Rodrigo Gásperi	1,27E+15	1,08E+03	2,40E+15	2,05E+03
Cohab Raposo Tavares	1,16E+15	9,91E+02	2,19E+15	1,87E+03
Faria Lima	1,16E+15	9,94E+02	2,20E+15	1,88E+03
Nabuco	1,15E+15	9,82E+02	2,17E+15	1,86E+03
Cordeiro	1,10E+15	9,36E+02	2,07E+15	1,77E+03
Jardim Felicidade	1,05E+15	8,99E+02	1,99E+15	1,70E+03
Jacinto Alberto	9,90E+14	8,46E+02	1,87E+15	1,60E+03
Orlando Villas Boas	9,84E+14	8,41E+02	1,86E+15	1,59E+03
Luiz Carlos Prestes	9,32E+14	7,97E+02	1,76E+15	1,51E+03
Linear Sapé	8,95E+14	7,65E+02	1,69E+15	1,45E+03
Buenos Aires	8,34E+14	7,13E+02	1,58E+15	1,35E+03
Lions Club - Tucuruvi	6,94E+14	5,93E+02	1,31E+15	1,12E+03
Sena	6,54E+14	5,59E+02	1,24E+15	1,06E+03
Senhor do Vale	6,33E+14	5,41E+02	1,20E+15	1,02E+03
Linear do Fogo	6,00E+14	5,13E+02	1,13E+15	9,70E+02
Linear Caulim	5,70E+14	4,87E+02	1,08E+15	9,22E+02
Eucaliptos	5,65E+14	4,83E+02	1,07E+15	9,12E+02
Raul Seixas	5,43E+14	4,64E+02	1,03E+15	8,77E+02
Casa Modernista	4,65E+14	3,97E+02	8,79E+14	7,51E+02
Linear Parelheiros	4,14E+14	3,54E+02	7,83E+14	6,69E+02
Linear Guaratiba	3,95E+14	3,38E+02	7,47E+14	6,38E+02
Benemérito Brás	3,72E+14	3,18E+02	7,03E+14	6,01E+02
Santa Amélia	3,45E+14	2,95E+02	6,52E+14	5,57E+02
M Boi Mirim	2,17E+14	1,86E+02	4,11E+14	3,51E+02
Ermelino Matarazzo	8,04E+13	6,87E+01	1,52E+14	1,30E+02
Praia do Sol	6,58E+13	5,62E+01	1,24E+14	1,06E+02
Vila Silvia	1,68E+13	1,44E+01	3,18E+13	2,72E+01
Zilda Natel	5,84E+12	4,99E+00	1,10E+13	9,43E+00
Total (73 parques)	6,24E+17	5,33E+05	1,18E+18	1,01E+06

A emergia total (73 parques) da fixação de CO₂ é igual a $6,24 \times 10^{17}$ seJ/ano e valor em emdolar é igual a Em\$367.164,37. A emergia total da produção de O₂ é $1,18 \times 10^{18}$ seJ/ano e seu valor em emdolar é de Em\$ 694.170,14. Os parques que fornecem quantidades menores de emergia da fixação de CO₂ e produção de O₂ são aqueles que menos possuem

áreas verdes e com um pequeno percentual de mata alta. Exemplos destes parques são: Zilda Natel, Vila Silvia e Praia do Sol. Consequentemente os que possuem maiores áreas verdes produzem maiores quantidades de fixação de CO_2 e produção de O_2 . Exemplos destes parques são: Nove de Julho, Linear Cocaia e Anhanguera. Estes parques contribuem muito para a cidade na diminuição da poluição atmosférica.

ANEXO X. Energia da Evapotranspiração e o custo emdolar em ordem crescente de energia

Parques	Energia EVAPOTRANSPIRAÇÃO (seJ/ano)	Emdolar (EVAPOTRANSPIRAÇÃO)
Anhanguera	1,22514E+18	1,05E+06
Linear Cocaia	1,28894E+17	1,10E+05
Vila do Rodeio	7,31657E+16	6,25E+04
Nove de Julho	6,42081E+16	5,49E+04
Cemucam	6,41178E+16	5,48E+04
Jardim Sapopemba	4,09298E+16	3,50E+04
Jacques Cousteau	3,94928E+16	3,38E+04
Linear Tiquatira	3,7089E+16	3,17E+04
Pinheirinho D ' Água	2,83601E+16	2,42E+04
Ciência	2,38119E+16	2,04E+04
Raposo Tavares	2,22747E+16	1,90E+04
Sete Campos	2,06777E+16	1,77E+04
Independência	2,03182E+16	1,74E+04
Vila Guilherme	2,01294E+16	1,72E+04
Guarapiranga	1,88644E+16	1,61E+04
Alfredo Volpi	1,82276E+16	1,56E+04
Santo Dias	1,70304E+16	1,46E+04
Consciência Negra	1,44462E+16	1,23E+04
Linear Água Vermelha	1,4026E+16	1,20E+04
Linear Castelo	1,35298E+16	1,16E+04
Luz	1,3111E+16	1,12E+04
Piqueri	1,21576E+16	1,04E+04
Vila dos Remédios	1,21426E+16	1,04E+04
Aclimação	1,19729E+16	1,02E+04
Cidade Toronto	1,18306E+16	1,01E+04
Providência	1,16393E+16	9,95E+03
Linear Aricanduva	1,14014E+16	9,74E+03
Barragem Guarapiranga	1,09057E+16	9,32E+03
São Domingos	9,63238E+15	8,23E+03
Jardim Herculano	9,39276E+15	8,03E+03
Guanhembú	9,19176E+15	7,86E+03
Shangrilá	9,11111E+15	7,79E+03
Águas	7,98916E+15	6,83E+03
Linear Rapadura	7,93643E+15	6,78E+03
São José	7,89747E+15	6,75E+03
Linear Itaim	7,6469E+15	6,54E+03
Chico Mendes	7,50428E+15	6,41E+03
Linear Mongaguá	6,96932E+15	5,96E+03
Linear Canivete	6,90152E+15	5,90E+03
Lydia Natalizio Vila Prudente	6,8193E+15	5,83E+03

Energia da Evapotranspiração e o custo emdolar em ordem crescente de energia (continuação)

Parques	Energia EVAPOTRANSPIRAÇÃO (seJ/ano)	Emdolar (EVAPOTRANSPIRAÇÃO)
Trianon	6,14333E+15	5,25E+03
Orlando Villas Boas	6,03397E+15	5,16E+03
Colina de São Francisco	5,86546E+15	5,01E+03
Chácara das Flores	5,03528E+15	4,30E+03
Faria Lima	4,52911E+15	3,87E+03
Severo Gomes	4,3535E+15	3,72E+03
Lajeado	4,32872E+15	3,70E+03
Rodrigo Gásperi	4,24341E+15	3,63E+03
Cordeiro	3,93928E+15	3,37E+03
Cohab Raposo Tavares	3,88269E+15	3,32E+03
Jacinto Alberto	3,85546E+15	3,30E+03
Nabuco	3,84775E+15	3,29E+03
Jardim Felicidade	3,52374E+15	3,01E+03
Raul Seixas	3,3294E+15	2,85E+03
Linear do Fogo	3,19396E+15	2,73E+03
Santa Amélia	3,12417E+15	2,67E+03
Luiz Carlos Prestes	3,12329E+15	2,67E+03
Buenos Aires	3,00146E+15	2,57E+03
Linear Sapé	2,99733E+15	2,56E+03
Lions Club - Tucuruvi	2,70445E+15	2,31E+03
Sena	2,54604E+15	2,18E+03
Senhor do Vale	2,46391E+15	2,11E+03
Linear Guaratiba	2,42127E+15	2,07E+03
Benemérito Brás	2,28089E+15	1,95E+03
M Boi Mirim	1,96823E+15	1,68E+03
Linear Caulim	1,91011E+15	1,63E+03
Eucaliptos	1,8914E+15	1,62E+03
Linear Parelheiros	1,61261E+15	1,38E+03
Casa Modernista	1,55648E+15	1,33E+03
Ermelino Matarazzo	4,93155E+14	4,21E+02
Praia do Sol	4,03187E+14	3,45E+02
Vila Silvia	1,52498E+14	1,30E+02
Zilda Natel	5,28701E+13	4,52E+01
Total (73 parques)	2,19769E+18	1,88E+06

A quantidade em energia de evapotranspiração dos 73 parques em estudos é de $2,20 \times 10^{18}$ seJ/ano e o valor em emdolar é de aproximadamente em\$ 1.300.000. Os parques com menores valores em energia e consequentemente menores valores em emdolar são os parques Zilda Natel, Vila Silvia e Praia do Sol. Devido a pequena quantidade de área verde. Os parques com maiores quantidades em energia e emdolar são os parques Vila do

Rodeio, Linear Cocaia e Anhanguera. Estes parques contribuem para a redução do calor no seu entorno (Lu *et al.*, 2011).

ANEXO XI. Emergia da infiltração e o custo em emdolar dos parques em estudo em ordem crescente de emergia

Parques	Emergia da infiltração (seJ/ano)	Emdolar (INFILTRAÇÃO)
Anhanguera	3,87E+18	3,31E+06
Linear Cocaia	4,07E+17	3,48E+05
Vila do Rodeio	2,78E+17	2,38E+05
Nove de Julho	2,03E+17	1,73E+05
Cemucam	2,02E+17	1,73E+05
Jardim Sapopemba	1,55E+17	1,33E+05
Linear Tiquatira	1,29E+17	1,10E+05
Jacques Cousteau	1,25E+17	1,07E+05
Pinheirinho D ' Água	1,13E+17	9,63E+04
Sete Campos	8,60E+16	7,35E+04
Raposo Tavares	7,72E+16	6,60E+04
Vila Guilherme	7,65E+16	6,53E+04
Ciência	7,52E+16	6,42E+04
Guarapiranga	6,54E+16	5,59E+04
Independência	6,41E+16	5,48E+04
Linear Água Vermelha	5,83E+16	4,98E+04
Alfredo Volpi	5,75E+16	4,92E+04
Santo Dias	5,38E+16	4,60E+04
Linear Aricanduva	4,96E+16	4,24E+04
Consciência Negra	4,56E+16	3,90E+04
Cidade Toronto	4,49E+16	3,84E+04
Luz	4,14E+16	3,54E+04
Linear Castelo	4,07E+16	3,48E+04
Piqueri	3,84E+16	3,28E+04
Vila dos Remédios	3,83E+16	3,28E+04
Aclimação	3,78E+16	3,23E+04
Previdência	3,67E+16	3,14E+04
Barragem Guarapiranga	3,44E+16	2,94E+04
Shangrilá	3,16E+16	2,70E+04
Linear Rapadura	3,15E+16	2,70E+04
São Domingos	3,04E+16	2,60E+04
Jardim Herculano	2,97E+16	2,53E+04
Guanhembú	2,90E+16	2,48E+04
Águas	2,77E+16	2,37E+04
Linear Canivete	2,62E+16	2,24E+04
Orlando Villas Boas	2,51E+16	2,14E+04
Linear Itaim	2,41E+16	2,06E+04
São José	2,38E+16	2,03E+04
Chico Mendes	2,37E+16	2,02E+04
Lydia Natalizio Vila Prudente	2,36E+16	2,02E+04

Energia da infiltração e o custo em emdolar dos parques em estudo em ordem crescente de energia (continuação)

Parques	Energia da infiltração (seJ/ano)	Emdolar (INFILTRAÇÃO)
Lydia Natalizio Vila Prudente	2,36E+16	2,02E+04
Linear Mongaguá	2,20E+16	1,88E+04
Trianon	1,94E+16	1,66E+04
Colina de São Francisco	1,85E+16	1,58E+04
Chácara das Flores	1,59E+16	1,36E+04
Faria Lima	1,57E+16	1,34E+04
Santa Amélia	1,42E+16	1,21E+04
Raul Seixas	1,38E+16	1,18E+04
Lajeado	1,37E+16	1,17E+04
Severo Gomes	1,37E+16	1,17E+04
Jacinto Alberto	1,34E+16	1,14E+04
Rodrigo Gásperi	1,34E+16	1,14E+04
Cordeiro	1,30E+16	1,11E+04
Linear do Fogo	1,27E+16	1,08E+04
Cohab Raposo Tavares	1,23E+16	1,05E+04
Nabuco	1,21E+16	1,04E+04
Jardim Felicidade	1,11E+16	9,51E+03
Linear Guaratiba	1,01E+16	8,60E+03
Buenos Aires	9,93E+15	8,49E+03
Luiz Carlos Prestes	9,86E+15	8,43E+03
Benemérito Brás	9,48E+15	8,10E+03
Linear Sapé	9,46E+15	8,09E+03
Lions Club - Tucuruvi	9,37E+15	8,01E+03
M Boi Mirim	8,95E+15	7,65E+03
Sena	8,82E+15	7,54E+03
Senhor do Vale	8,54E+15	7,30E+03
Linear Caulim	6,03E+15	5,15E+03
Eucaliptos	5,97E+15	5,10E+03
Linear Parelheiros	5,59E+15	4,78E+03
Casa Modernista	4,91E+15	4,20E+03
Ermelino Matarazzo	2,05E+15	1,75E+03
Praia do Sol	1,68E+15	1,43E+03
Vila Silvia	6,93E+14	5,93E+02
Zilda Natel	2,40E+14	2,05E+02
Total (73 parques)	7,17E+18	6,13E+06

O valor total da energia da infiltração contabilizando os 73 parques é de $7,17 \times 10^{18}$ seJ/ano e o valor em emdolar é de aproximadamente Em\$4.200.000. Os parques que mais contribuem são os parques Vila do Rodeio, Linear Cocaia e Anhanguera. Estes parques são

responsáveis pela diminuição das enchentes ao seu redor, pois com uma grande área permeável são capazes de infiltrar a água da chuva. Os parques que possuem menor emergência de infiltração de água no solo são os parques Zilda Natel, Vila Silvia e Praia do Sol, enfatizando que estes parques são construídos/mantidos para o lazer e recreação da população ao seu entorno.

ANEXO XII. Parque Tenente Siqueira Campos (Trianon)

1. Produção Primária Líquida (NPP) do Parque Tenente Siqueira Campos – Trianon.

A mata alta e a grama no parque Trianon correspondem a 80% e 20% respectivamente da área verde, sendo assim, para a mata alta utilizou-se uma área de 38.080m² e para a grama 9.520m². O valor da energia da massa seca da mata alta utilizada para o cálculo da produção primária líquida (NPP) para o Parque Siqueira Campos foi de 2,16 x 10⁷ J/ano m² (Lu *et al.*, 2006) e para a grama foi de 7,60 x 10⁶ J/ano m² (Lu *et al.*, 2006). A UEV utilizada para a mata alta é 5,54 x 10³ seJ/J (Lu *et al.*, 2006) e da grama 4,26 x 10³ seJ/J (Lu *et al.*, 2006).

a) Energia – mata alta

$$\text{Energia} = 38.080 \text{ m}^2 \times 2,16 \times 10^7 \frac{\text{J}}{\text{ano m}^2} = 8,23 \times 10^{11} \frac{\text{J}}{\text{ano}}$$

b) Energia – grama

$$\text{Energia} = 9.520 \text{ m}^2 \times 7,60 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{ano m}^2} = 7,23 \times 10^{10} \frac{\text{J}}{\text{ano}}$$

c) Energia – mata alta

$$\text{Energia} = 8,23 \times 10^{11} \left(\frac{\text{J}}{\text{ano}} \right) \times 5,54 \times 10^3 \frac{\text{seJ}}{\text{J}} = 4,56 \times 10^{15} \frac{\text{seJ}}{\text{ano}}$$

d) Energia - grama

$$\text{Energia} = 7,23 \times 10^{10} \frac{\text{J}}{\text{ano}} \times 4,26 \times 10^3 \frac{\text{seJ}}{\text{J}} = 3,07 \times 10^{14} \frac{\text{seJ}}{\text{ano}}$$

e) Energia Total

$$\text{Energia(NPP)} = 4,56 \times 10^{15} + 3,07 \times 10^{14} = 4,87 \times 10^{15} \frac{\text{seJ}}{\text{ano}}$$

2. Evapotranspiração – Parque Trianon

O coeficiente de escoamento superficial (*runoff*), definido como a razão entre o volume de água escoado e o volume de água precipitado, é de 10% nos parques. Considerando que a precipitação média de 145 mm/mês e o escoamento de 10% nos parques obteve-se a precipitação média de chuvas no parque Trianon é de 130,5 mm/mês (140,5 mm/mês – 10% de 145 mm/mês=130,5 mm/mês). O índice de evapotranspiração utilizado para a mata alta foi 1006,2 mm/ano (CICCO, 2009) e para a grama foi de 8,321 x 10⁻¹ m/ano (LU *et al.*, 2006). A UEV da evapotranspiração utilizada foi de 2,69 x 10⁴ seJ/J (ODUM, 1996).

a) Volume de Evapotranspiração – mata alta

$$1006 \frac{\text{mm}}{\text{ano}} = 1,006 \frac{\text{m}}{\text{ano}}$$

$$\text{Volume}_{\text{Evapo (mata alta)}} = 1,006 \frac{\text{m}}{\text{ano}} \times 38.080 \text{ m}^2 = 3,83 \times 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}}$$

b) Energia da evapotranspiração – mata alta

$$\text{Energia}_{\text{Evapo (mata alta)}} = 3,83 \times 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}} \times 4,94 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{m}^3} = 1,89 \times 10^{11} \frac{\text{J}}{\text{ano}}$$

c) Volume de Evapotranspiração – grama

$$\text{Volume}_{\text{evapo (grama)}} = 8,321 \times 10^{-1} \frac{\text{m}}{\text{ano}} \times 9.520 \text{ m}^2 = 7,92 \times 10^3 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}}$$

d) Energia da Evapotranspiração – grama

$$\text{Energia}_{\text{evapo (grama)}} = 7,92 \times 10^3 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}} \times 4,94 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{m}^3} = 3,91 \times 10^{10} \frac{\text{J}}{\text{ano}}$$

e) Energia da Evapotranspiração

$$\text{Energia}_{\text{EVAPO}} = (1,89 \times 10^{11} \frac{\text{J}}{\text{ano}} + 3,91 \times 10^{10} \frac{\text{J}}{\text{ano}}) \times 2,69 \times 10^4 \frac{\text{seJ}}{\text{J}} = 6,14 \times 10^{15} \frac{\text{seJ}}{\text{ano}}$$

3. Infiltração – Parque Trianon

a) Volume da chuva real

$$\text{Volume}_{\text{Chuva (mata alta)}} = 130,5 \frac{\text{L}}{\text{m}^2 \text{ mês}} \times 38.080 \text{ m}^2 \times 12 \frac{\text{mês}}{\text{ano}} \times \frac{\text{m}^3}{1000 \text{ L}} = 5,96 \times 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}}$$

$$\text{Volume}_{\text{Chuva(grama)}} = 130,5 \frac{\text{mm}}{\text{mês}} \times \frac{\text{L}}{\text{m}^2} \times 9.520 \text{m}^2 \times 12 \frac{\text{mês}}{\text{ano}} \times \frac{\text{m}^3}{1000} = 1,49 \times 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}}$$

b) Volume da infiltração

$$\text{Volume}_{\text{Infiltração (mata alta)}} = 5,96 \times 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}} - 3,83 \times 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}} = 2,13 \times 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}}$$

$$\text{Volume}_{\text{Infiltração (grama)}} = 1,49 \times 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}} - 7,92 \times 10^3 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}} = 6,98 \times 10^3 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}}$$

c) Energia da infiltração

$$\text{Energia}_{\text{Infiltração}} = (2,13 \times 10^4 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}} + 6,89 \times 10^3 \frac{\text{m}^3}{\text{ano}}) \times 6,85 \times 10^{11} \frac{\text{seJ}}{\text{m}^3} = 1,94 \times 10^{16} \frac{\text{seJ}}{\text{ano}}$$