



PIBIC/CNPq/UFCG-2009

## DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E SISTEMAS DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE: UMA APLICAÇÃO DO MÉTODO DA PEGADA ECOLÓGICA NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE – PB

Maria José S. Feitosa<sup>1</sup>, Gesinaldo Ataíde Cândido<sup>2</sup>

### RESUMO

A problemática que envolve a sustentabilidade do planeta é fator preocupante para humanidade, uma vez que a capacidade do ambiente suportar impactos decorrentes das ações humanas está se esgotando. Assim, estudar a sustentabilidade – através das ferramentas de gestão – é relevante, na medida em que colabora para reduzir impactos sobre a natureza e promove o desenvolvimento sustentável. O objetivo deste artigo é analisar a sustentabilidade do município de Campina Grande, utilizando o *Ecological Footprint Method*. Este método mensura a pressão sobre os recursos naturais a partir de itens específicos de consumo. A pesquisa realizada é exploratória e descritiva orientada por estudo de caso, utilizando dados secundários referentes a indicadores relacionados ao consumo de energia elétrica, água, geração de resíduos e combustíveis. Os resultados apontaram que o metabolismo da cidade requer uma área 449,03 vezes maior que o seu território para suprir a sua demanda referente aos itens de consumo utilizados.

Palavras-chave: sustentabilidade; meio ambiente; *Ecological Footprint Method*

### SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND INDICATORS SYSTEMS OF SUSTAINABILITY: AN APPLICATION OF ECOLOGICAL FOOTPRINT METHOD IN CAMPINA GRANDE

#### ABSTRACT

The problems what surround the sustainability of the planet is a factor of concern for humanity, since the ability to withstand environmental impacts resulting from human actions is exhausting. Thus, studying the sustainability - through the management tools - is relevant in that it helps reduce impacts on the nature and promote sustainable development. This article aims to examine the sustainability of the city of Campina Grande, using the Ecological Footprint Method. This method measures the pressure on natural resources from specific items of consumption. The research conducted is focused on exploratory and descriptive case study, using secondary data for indicators related to consumption of electricity, water, generation of waste and fuels. The results showed that the metabolism of the city requires an area 449.03 times larger than its land to meet their demands relating to items of consumption used.

**Key-words:** sustainability, environment, Ecological Footprint Method

<sup>1</sup> Aluna do curso de Administração, Unidade Acadêmica de Administração e Contabilidade, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: [mjnet.adm.ufcg@gmail.com](mailto:mjnet.adm.ufcg@gmail.com)

<sup>2</sup> Administrador, Professor. Doutor, Unidade Acadêmica de Administração e Contabilidade, UFCG, Campina Grande, PB, E-mail: [gacandido@uol.com.br](mailto:gacandido@uol.com.br)

## 1. INTRODUÇÃO

Visando a ascensão econômica e o progresso, o homem desde os primórdios da humanidade executa atividades que afetam direta e significativamente o meio ambiente. Inicialmente, essas atividades eram realizadas de forma rústica e com pouca intensidade, em virtude da inexistência, na época, de um acervo tecnológico e informacional suficiente para executar grandes transformações na natureza. Com o passar dos anos, o ser humano desenvolveu técnicas e equipamentos que o auxiliaram na exploração dos aspectos naturais.

Seguindo o compasso dos avanços tecnológicos, a deterioração do meio ambiente começou a se agravar, de fato, com a Revolução Industrial do século XVIII e, principalmente, com a abertura, expansão e dinamização dos mercados mundiais em meados do século XX, tendo em vista que ocorreu a estruturação e o fortalecimento dos sistemas produtivos em virtude dos constantes avanços tecnológicos que ocorreram na época. Além disso, o aumento da população mundial – fins do século XIX e início do século XX – e a orientação desta para as cidades contribuiu significativamente para expansão econômica, que por sua vez favoreceu a deterioração dos recursos ambientais em decorrência da elevação do consumo por parte das pessoas.

O aumento da demanda de produtos proporcionou o crescimento da margem de lucratividade das empresas. Estas, por sua vez, passaram a focalizar o lucro como fonte de crescimento econômico e, dessa maneira, principal objetivo da empresa. Na medida em que o lucro é gerador do crescimento econômico, passa a ser expresso como foco das atenções, enquanto aspectos sociais e ambientais são desconsiderados. Paradoxalmente ao modelo de crescimento econômico emergente eclodem os problemas ambientais e trazem em si um desafio sem precedentes para toda humanidade: os ecossistemas da terra não têm capacidade para suportar os níveis de atividade econômica e de energias atuais, uma vez que capacidade de carga do planeta está no limite. Em outras palavras, a pressão da carga humana em relação à capacidade de suporte do ambiente natural é desproporcional, isto é, as fontes naturais não conseguem repor os recursos na mesma proporção que as atividades humanas vêm degradando.

De acordo com o relatório *Living Planet Report* (HAILS et al., 2006) as atividades executadas pelo homem têm tomado posse de grandes áreas produtivas, tornando ínfima a proporção per capita desses espaços ecológicos. Conforme Cindin e Silva (2004), em 2002 o *United Nations Environment Programme* divulgou informações técnicas, contidas em um mapa concluindo que: nos últimos 150 anos, os seres humanos produziram impactos alterando área de terra global em cerca de 47%, e dentro dos próximos 50 anos, os impactos poderão atingir até 90%, o que acarretará em aumento substancial de problemas ambientais relacionados aos habitats, à biodiversidade, à produção de alimento, aos recursos de água doce e à saúde.

Na medida em que se percebe que a capacidade de carga do planeta está se esgotando, começa a emergir uma forte preocupação, por parte da sociedade, no que se refere à sua própria sobrevivência, bem como das futuras gerações. As pessoas começam a questionar o padrão atual de consumo. Nesse momento, principiam surgimento dos primeiros estudos e pesquisas sobre a sustentabilidade forma de desenvolver alternativas que possam contribuir para redução dos impactos ambientais.

O interesse da sociedade acerca dos problemas de ordem ambiental está se intensificado gradativamente nos últimos anos. Ao observar o estágio de degradação no qual a natureza se encontra, as pessoas passaram a questionar até quando os recursos naturais serão capazes de suportar a pressão exercida pelo homem. Essa pressão é resultado do crescimento populacional, consumo inconsciente, da intensa geração de resíduos. Em meio às discussões e percepções acerca da questão ambiental, novas formas de consumo e de relacionamento com o ambiente estão sendo propostas pela própria sociedade, bem como por instituições de fomento na busca de reduzir significativamente a dependência humana dos recursos naturais.

Para auxiliar na obtenção de novas formas de relacionamento estão sendo estudados mecanismos capazes de prevenir e controlar a degradação ambiental por intermédio de investimentos no desenvolvimento de novas tecnologias, como também, modelos de avaliação, a exemplo dos indicadores de sustentabilidade. Estes são utilizados para aferir o impacto provocado pela interferência humana no meio ambiente, os quais são perfeitamente corroborados nos ecossistemas urbanizados. Dentre uma série de ferramentas de mensuração utilizadas, o *Ecological Footprint Method* (Método da Pegada Ecológica), proposto por Wackernagel e Rees (1998), destaca-se pelo fato de ser uma ferramenta e ao mesmo tempo simples (no que se refere a pouca complexidade na sua utilização) para medir, comunicar e comparar o desenvolvimento das nações através da mensuração da sustentabilidade.

O *Ecological Footprint Method* é uma ferramenta com princípios que consistem contabilizar os fluxos de matéria-prima e energia existentes em um determinado sistema, convertendo-os de forma adequada em áreas produtivas de terra ou de água (WACKERNAGEL; REES, 1996). Conforme Dias (2002, p. 182) o *Ecological Footprint Method* “permite estabelecer de forma quantitativa um diagnóstico dos resultados das atividades humanas desenvolvidas junto ao socioecossistema e os custos em termos de apropriações de áreas naturais, para manutenção do terrametabolismo”.

Sendo assim, é possível analisar a quantidade de recursos extraídos da natureza para fins econômicos, bem como a carga que o ecossistema consegue suportar imposta pela sociedade. A finalidade desta ferramenta é verificar se o tipo de desenvolvimento aplicado à determinada região é sustentável ou não, bem como, permite através da avaliação dos dados, identificar os efeitos decorrentes de padrões de consumo, facilitando ações gerenciais e governamentais na tomada de decisão para eliminar erros e contradições no sistema.

Partindo da premissa que os indicadores de sustentabilidade se constituem uma ferramenta na mensuração do desenvolvimento sustentável de determinada localidade, o objetivo deste artigo é analisar a sustentabilidade do município de Campina Grande por intermédio do *Ecological Footprint Method* (Método da Pegada Ecológica), procurando obter os dados dos principais itens de consumo que compõem a maior parte da pressão exercida sobre os recursos naturais do município, tendo em vista que os ecossistemas urbanos expressam o impacto gerado pela ação humana na natureza, influenciando toda a biosfera. Considerando ainda que, a compreensão acerca da relação existente entre homem e o meio ambiente é indispensável para o desenvolvimento de ações capazes de reduzir as agressões ao meio ambiente, na medida em que o conhecimento é o elemento capaz de conscientizar cada indivíduo a respeito de suas ações.

A pesquisa pode ser classificada como descritiva e exploratória conduzida através de um estudo de caso, no qual foi aplicado o sistema de indicador de sustentabilidade, o *Ecological Footprint Method*. Para a coleta de dados foi utilizado um conjunto de dados secundários e posteriormente contextualizados e analisados em conformidade com os parâmetros estabelecidos pelo método.

Além deste conteúdo introdutório, o artigo trata na sua fundamentação teórica aspectos orientados para a relação entre sociedade e meio ambiente; sistemas de indicadores de sustentabilidade e a abordagem metodológica do *Ecological Footprint Method*. Posteriormente, são mostrados os procedimentos metodológicos utilizados; a apresentação e análise dos resultados e as considerações finais.

A compreensão acerca da relação existente entre homem e o meio ambiente é indispensável para o desenvolvimento de ações capazes de reduzir as agressões ao meio ambiente, na medida em que o conhecimento é o elemento capaz de conscientizar cada indivíduo a respeito de suas ações.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 O homem, a natureza e as cidades**

A interação do homem com a natureza no decorrer dos anos tem alterado negativamente o ecossistema natural, uma vez que as atividades executadas por esse indivíduo consomem grandes áreas produtivas do planeta diminuindo a proporção *per capita* desses espaços ecológicos rurais e urbanos.

Nos territórios urbanos a problemática ambiental é perfeitamente visível, uma vez que o nível de consumo e conseqüente geração de resíduos são intensos, em virtude, sobretudo da grande quantidade de pessoas que vivem nestas áreas. Conforme O'Meara (1999), as áreas urbanas detentoras de pouco mais da metade da população mundial são responsáveis por 80% das emissões de carbono, 75 % da utilização da madeira, e 60% do consumo de água. Ocupam apenas 5 % da área do mundo inteiro, no entanto consomem 75% dos seus recursos. As zonas urbanas podem ser compreendidas como "pontos quentes", tendo em vista que um hectare de área metropolitana consome mais de 1000 vezes a energia de uma área semelhante utilizada em um ambiente natural.

Além disso, as cidades são visualizadas como sistemas dependentes de outros sistemas porque, geralmente, produzem pouco ou nenhum alimento e outros materiais orgânicos, poluem o ar, as águas, e não reciclam os materiais inorgânicos que produzem. Em outras palavras, as áreas urbanas não são capazes de produzir o que a sociedade necessita, e muito menos assimilar todos os dejetos gerados pelas pessoas em decorrência de consumo.

Segundo Dias (2002), do ponto de vista biológico, os ecossistemas urbanos exibem uma baixíssima produtividade, logo, são altamente dependentes de outros sistemas. Entretanto, do ponto de vista social, os ecossistemas urbanos concentram uma alta produtividade de informação, conhecimento, criatividade, cultura, tecnologia e indústria, dentre outros, que exportam para outros sistemas. Assim, as áreas urbanas contribuem para o adensamento da questão ambiental, sobretudo porque a interação homem-natureza apresenta uma série de impasses que são reforçados pela cultura de exploração desenvolvida em uma sociedade que sempre acreditou que para sobreviver precisa explorar indiscriminadamente a natureza.

Nesse contexto, Cindin (2004), esclarece que as cidades – resultantes da modernização da sociedade – contribuíram significativamente para que o relacionamento entre o homem e a natureza se fundamentasse em princípios de exploração nos quais a natureza é apenas uma fonte de recursos utilizados para o crescimento econômico das nações. Dessa forma, a ausência de um equilíbrio nas relações que envolvem meio ambiente sociedade provoca sérios problemas ambientais.

Dessa maneira, são nas relações sociais e na possibilidade de transformação das mesmas, que repousam as alternativas para resolução deste impasse contemporâneo. O que se deseja é o planejamento e a organização do espaço, de modo a garantir a qualidade de vida de toda população. O surgimento de novas formas de relacionamento entre homem e natureza, bem como a o planejamento e a organização do espaço, são alternativas inteligentes decorrentes da iniciativa integrada formada por sociedade, instituições (públicas e privadas) e governos. Estes, por sua vez, começam a se preocupar com os problemas ambientais a partir do momento que têm que fornecer grandes investimentos para catástrofes que tem ocorrido por todo mundo.

Neste contexto, surge a necessidade de educar as gerações presentes e futuras de modo que venham a agir com responsabilidade e sensibilidade, conservando o ambiente saudável no presente e para o futuro (QUEIROZ *et al*, 2000). Muitas ações estão sendo desenvolvidas por órgãos de pesquisa, universidades e outras instituições no sentido de deixar claro para a população mundial que preservar, nos dias atuais, é questão de sobrevivência. Além disso, esses órgãos se baseiam em uma diversidade de estudos e análises, que os auxiliam na proposição de alternativas para possíveis soluções.

No preâmbulo do livro *Our Ecological Footprint*, Wackernagel e Rees (1998) descrevem que o primeiro passo para reduzir o impacto ecológico é reconhecer a existência da crise ambiental e que o problema não é de natureza técnica e sim de comportamento social – podendo ser solucionado com mudanças nas maneiras de agir de cada indivíduo.

As mudanças de comportamento podem ocorrer na medida em que ações sejam introduzidas em todos os âmbitos da sociedade de forma sistêmica, com o auxílio de elementos tal qual a educação, de maneira a despertar na sociedade o interesse em preservar a natureza e a cobrar das instituições governamentais e privadas o desenvolvimento e implementação de novas formas de gestão que envolva políticas públicas no sentido de reduzir significativamente a degradação ambiental. É necessário que haja um equilíbrio nas relações entre homem e natureza de modo a promover um desenvolvimento que abarque as dimensões: ambiental, social, cultural, institucional, e econômica, pois o desenvolvimento é validado quando ocorre de forma integrada.

Partindo da premissa de que a solução os problemas decorrentes da deterioração ambiental está na mudança da forma de relacionamento entre o homem e a sociedade, bem como na melhoria das condições socioeconômicas da população, emerge a idéia de desenvolvimento sustentável.

Conforme Bellen (2007), o conceito de desenvolvimento sustentável abarca uma nova forma de a sociedade interagir com o seu meio natural de modo a garantir seu prosseguimento e a de seu meio externo. Partindo do princípio de que o conceito de desenvolvimento sustentável trata especificamente da interação entre o homem e o meio ambiente como forma de garantia da sobrevivência de ambos. Assim, é preciso considerar as dimensões ambiental, social, cultural, institucional e econômica, e ter como finalidade a garantia da perenidade da base natural, da infra-estrutura econômica e da sociedade.

Almejando um novo modelo de desenvolvimento chamado de sustentável e a conseqüente melhoria de vida de toda sociedade, surgem mecanismos de mensuração e avaliação deste desenvolvimento que têm como finalidade acompanhar as mudanças ocorridas no ecossistema. Os indicadores de desenvolvimento sustentável congregam temas e variáveis devidamente relacionadas com a sustentabilidade e amplamente utilizados com indicadores integrados por informações apenas recentemente associadas ao tema do desenvolvimento, portadores de novos conteúdos, ilustradores de novos desafios.

Parente e Ferreira (2007) acrescentam que o desenvolvimento sustentável é um processo evolutivo que vislumbra o crescimento da economia, a melhoria da qualidade do ambiente e da sociedade para benefício das gerações presentes e futuras. Nesta perspectiva, para que as gerações futuras usufruam os recursos naturais disponíveis, é preciso olhar para o presente e discutir em que proporções às ações inseqüentes do homem irão interferir no desenvolvimento do planeta.

Para Almeida (2002), Trata-se da gestão do desenvolvimento que deve considerar as dimensões ambiental, econômica e social, e ter como objetivo a garantia da perenidade da base natural, da infra-estrutura econômica e da sociedade.

Sob a ótica do desenvolvimento sustentável, os interesses individualistas devem ser deixados de lado, e todos os esforços devem ser pensados em detrimento de uma sociedade mais justa, de um meio ambiente preservado e de um ecossistema mais equilibrado. Entretanto, essas idéias entram em conflito quando envolvem interesses político-institucionais variados, principalmente no que se refere a questões econômicas envolvendo organizações e países sem comprometimento com as causas ecológicas e que vêem essas ações como barreiras para o desenvolvimento.

Entretanto, Dias (2002) considera que muitos objetivos internacionais e nacionais direcionados ao meio ambiente não serão atingidos sem uma reforma política extensiva e mudanças significativas nas práticas e estratégias atuais. Parte do desafio é, no entanto, criar mecanismos legais mais rígidos que garantam a fiscalização, bem como, a utilização de técnicas, a exemplo dos sistemas de indicadores, que permita avaliar e acompanhar as mudanças ocorridas no ecossistema, contribuindo para o surgimento de um novo modelo de

desenvolvimento denominado sustentável. Os sistemas de indicadores são formados por ferramentas utilizadas para mensuração da sustentabilidade de determinadas localidades. Tais ferramentas são denominadas indicadores de sustentabilidade.

## 2.2 Indicadores de sustentabilidade

Utilizados para refletir determinada situação de um sistema, através da mensuração do desempenho de aspectos que a envolvem, os indicadores são parâmetros selecionados e considerados isoladamente ou combinados entre si, sendo especialmente úteis para expressar as condições de um sistema em análise.

Para Mitchell (1997) um indicador é uma ferramenta que permite a obtenção de informações sobre uma dada realidade e tem como principal característica o poder de sintetizar um conjunto complexo de informações retendo apenas o significado essencial dos aspectos analisados.

Na avaliação da sustentabilidade, os indicadores são importantes, sobretudo, porque ajudam a relatar as condições de sistemas complexos e interdependentes, bem como promovem a avaliação de desempenho de diversas maneiras de gestão e políticas aplicadas em uma localidade visando alcançar a sustentabilidade. Dessa maneira, os indicadores são instrumentos eficientes para despertar nas pessoas a atenção para alterações nos sistemas sociais econômicos e ambientais (MCCOOL E STANKEY, 2004).

Atualmente, a elaboração de instrumentos de mensuração é um dos principais desafios na construção de um desenvolvimento sustentável, na medida em que eles auxiliam a tomada de decisão nos níveis global, nacional, regional e local. Tais instrumentos, denominados indicadores de sustentabilidade, são ferramentas de mensuração e avaliação constituídas por uma ou mais variáveis que, associadas através de diversas formas, expressam significados mais abrangentes sobre fenômenos a que se referem. Um indicador deve ser entendido como um parâmetro, ou um conjunto de parâmetros que fornecem informações sobre um determinado fenômeno, com uma extensão significativa.

Sendo assim, tais ferramentas são consideradas instrumentos essenciais para guiar a ação e subsidiar o acompanhamento e a avaliação do progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentável. Esses indicadores têm sido enfatizados a nível internacional em virtude, sobretudo, da preocupação com a problemática social e ambiental, além de ter a vantagem de poder expressar a realidade através de gráficos, de modo a refletir tendências e determinar previsões futuras.

Em virtude da visão integrada que têm de determinada realidade local, os indicadores de sustentabilidade são capazes de alertar sobre problemas antes que eles se tornem muito graves.

São muitas as ferramentas que podem ser usadas para mensurar o desenvolvimento sustentável, de modo que sua escolha é função do ambiente e contexto no qual será aplicado. No caso deste trabalho, a ferramenta usada foi o *Ecological Footprint Method - EFM*, levando em consideração que este é um instrumento capaz de refletir uma realidade local e de analisar os impactos causados pelas atividades humanas. Além disso, o referido método é uma ferramenta incluída dentro de uma categoria de sustentabilidade considerada forte, a qual está fundamentada na preservação ambiental e na qualidade de vida, propondo uma mudança radical na atitude da sociedade e no modelo econômico de consumo, de modo a respeitar os limites da natureza, ou sua "capacidade de carga".

## 2.3 Ecological Footprint Method – EFM

A capacidade de carga do sistema mantém uma relação direta com utilização excessiva e desmedida dos recursos naturais, na medida em que o consumismo exacerbado está promovendo a degradação ambiental e a produção de resíduos, caracterizando a falta de comprometimento da humanidade em relação à natureza.

Dessa maneira, os autores William Rees e Mathis Wackernagel (1998) elaboraram o método *Ecological Footprint Method* em 1996 por ocasião do livro *Our ecological footprint*, almejando medir o impacto que os indivíduos de uma determinada população provocam sobre o sistema global para sustentar o seu estilo de vida.

Conforme Van Bellen (2007), o *Ecological Footprint Method* é um instrumento de contabilidade ambiental, que objetiva mostrar com maior clareza a relação entre uma unidade populacional e a natureza; a capacidade de produção renovação dos recursos; a capacidade de suportar impactos ambientais decorrentes da produção de bens e serviços e dos detritos gerados pelas regiões, a fim de visualizarmos a existência de déficits ou potenciais reservas para serem gerenciadas.

Em outras palavras, o método da Pegada Ecológica compara a capacidade de suporte das fontes naturais com a quantidade de recursos consumidos em virtude das atividades do homem; medindo a quantidade de impactos negativos que o ambiente natural sofre, bem como a possibilidade de insustentabilidade do mesmo. Além disso, o método permite a comparação entre indivíduos, cidades, estados, regiões ou nações.

A finalidade deste método segundo Dias (2002), é estimar os impactos antrópicos no meio natural, mostrar a quantidade de área produtiva de terra e de água utilizada para fornecer produtos para abastecer a

população de uma cidade, estado, região, ou país, sendo esta área de terra produtiva, ao mesmo tempo responsável por assimilar os resíduos gerados por essa mesma população.

O *Ecological Footprint Method* é recomendado como ferramenta de trabalho devido a facilidade de compreensão por todos que dele se utilizam. Essa ferramenta objetiva a mensuração da sustentabilidade ambiental, se preocupando com as agressões humanas sobre a natureza, a deterioração ecológica, além do que acaba ocasionando uma visão proativa para o homem sobre a importância e a necessidade de cuidar da água, do ar, das florestas, da flora e da fauna e se ter um limite de apropriação de produtividade da natureza.

De acordo com Wackernagel e Rees (1998), a essência do método da Pegada Ecológica está na contabilização dos fluxos de matéria e energia presentes em certo sistema. Este, por sua vez, é transformado em áreas de terra ou de água produtiva. Para os autores, a carga imposta por cada população varia em função de diversos aspectos não apenas econômicos, como os abordados na Pegada Ecológica, mas também de aspectos culturais e de produtividade ecológica.

A aplicação do método pode ser feita em uma pessoa ou em uma população e seus resultados irão depender de seus costumes, das características do dia-dia de cada indivíduo, seus padrões de consumo. Estes fatores, por sua vez, influenciarão diretamente nos resultados provenientes da aplicação do método.

## 2.4 Procedimentos para cálculo do *Ecological Footprint Method* – EFM

O método da pegada ecológica apresenta-se como uma ferramenta na avaliação da sustentabilidade. A aplicação do método sucede através de uma série de cálculos que, por sua vez, facilitam a observação da realidade estudada. Nesse contexto, Rees (1999) explica que o primeiro passo, no cálculo da pegada ecológica de uma dada população, é a estimativa da área apropriada para a produção dos principais itens de consumo; isto é feito dividindo-se a média anual de consumo de cada item pela produtividade média anual. O total *per capita* da pegada ecológica é o somatório dos itens de consumo considerados.

A metodologia de cálculo da pegada ecológica considera seis premissas principais (WACKERNAGEL *et al*, 2005, p. 6):

- Os montantes anuais de recursos consumidos e gastos gerados pela comunidade são monitorados por ações nacionais e internacionais;
- A quantidade de recursos biológicos apropriados para uso humano é diretamente relacionada à quantidade de terra bioprodutiva necessária para regeneração e assimilação de resíduos;
- Ponderando-se cada área em proporção à sua produtividade de biomassa utilizável (potencial anual de produção de biomassa utilizável), diferentes áreas podem ser expressas em termos de um hectare produtivo médio padrão;
- A demanda total em hectares globais pode ser agregada, adicionando-se todas as áreas provedoras de recursos e assimiladoras de resíduos requeridas para suportar a demanda;
- A demanda humana agregada (pegada ecológica) e a capacidade natural (biocapacidade) podem ser diretamente comparadas uma com a outra;
- A área de demanda pode exceder a área de fornecimento.

Sendo a pegada ecológica uma medida do impacto da população expressa em termos de área apropriada, sua finalidade é quantificar os fluxos de energia e massa de uma economia ou atividade específica, transformados em áreas correspondentes necessárias para suportar esses fluxos. Em outras palavras, o cálculo da pegada ecológica considera que para cada item de matéria ou energia consumida pela sociedade, existe certa área de terra, em um ou mais ecossistemas que é necessária para fornecer o fluxo de recursos e absorver os seus dejetos.

A pegada ecológica apresenta como unidade de medida o *Global Hectar* (gha). Esta unidade corresponde a um hectare de espaço biologicamente produtivo com “produtividade média mundial”. A finalidade em se utilizar o *Global Hectar* no *Ecological Footprint Method* é proporcionar a comparação da pegada ecológica total entre países e regiões. Wackernagel *et al.* (1996 *apud* ANDRADE, 2006, p. 39) mostram dois fatores de conversão almejando padronizar a produtividade por hectares em unidades de áreas globais, tais quais:

- *Equivalence Factor* (Fator de Equivalência) – representa a produtividade média mundial de um determinado espaço ecológico bioprodutivo, dividido pela produtividade média mundial de todos os tipos de espaços ecológicos bioprodutivos;
- *Yield Factor* (Fator de Produção) – descreve quanto um espaço ecológico bioprodutivo de um dado país é mais (ou menos) produtiva em referência a média mundial na mesma tipologia de espaço ecológico bioprodutivo. Há divergência no fator produção em se tratando de um país para outro, uma vez que cada país tem seus próprios fatores de produção para cada tipologia de espaço bioprodutivo. Na verdade, o fator de produção é a razão entre a área produtiva de um país, usada na produção de todos os itens de uma categoria estabelecida, mensurada através do uso de dados da produção mundial e a

área que seria requerida caso os mesmos itens fossem produzidos com a média da produção mundial.

Estimando a utilização da terra é possível determinar a área total necessária para suportar o padrão de consumo humano. Nesse sentido Ribeiro *et al.* (2007) explica que devido à impossibilidade de estimar a demanda por área produtiva para provisão, manutenção e disposição de muitos bens de consumo, os cálculos ficam restritos às categorias mais importantes de bens e a alguns itens individuais. Dessa forma, o cálculo da área apropriada por certa população modifica de acordo com o número de itens escolhidos, assim como a disponibilidade de dados sobre o consumo.

Esses dados são padronizados para facilitar os estudos de casos e para estabelecer comparações entre regiões e países. Os procedimentos podem revelar pelo tamanho da “pegada ecológica” os efeitos das variações regionais dos padrões de consumo, produtividade e modelo de gestão, ajudando a identificar e eliminar erros e contradições no sistema.

Apesar das limitações, o método da Pegada Ecológica demonstra eficiência na sua aplicação e, principalmente, eficácia em seu resultado na medida em que contribui ativamente para disseminação do conhecimento acerca dos problemas ambientais. É esse conhecimento que proporciona a cada indivíduo a tomada de consciência, bem como a busca contínua pela sustentabilidade do planeta. Neste sentido, verifica-se a importância da avaliação da sustentabilidade de dado sistema, através do *Ecological Footprint Method*, como forma de atingir um equilíbrio na interação natureza e sociedade e, dessa forma, a alcançar a sustentabilidade.

### **3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

A pesquisa realizada trata-se de um estudo descritivo e exploratório efetivado através de um estudo de caso realizado na cidade de Campina Grande – PB, utilizando dados secundários, com formas de tratamento e análise de dados em conformidade com o estabelecido no método da pegada ecológica. Para a aplicação do método, foram escolhidos os principais itens de consumo, entre uma classificação de categorias que exerce uma grande pressão sobre as fontes produtoras de recursos naturais na região.

Os componentes de consumo selecionados para determinar o cálculo da Pegada Ecológica do município foram os seguintes: Energia elétrica; Água; Resíduos sólidos e Combustíveis. Tais itens foram escolhidos porque provocam intensos impactos negativos no meio ambiente, principalmente, os combustíveis (liberam gás carbônico e poluem o ar) e resíduos sólidos (produzem gás metano que contamina os solos e os lençóis freáticos).

As categorias de consumo selecionadas estão alinhadas às características preponderantes no município por exercer uma maior pressão ao sistema local, como também, contribui para o impacto negativo global do planeta.

Posteriormente, para uma análise mais consistente, procurou-se definir o saldo ecológico do município, considerando a diferença entre o *Ecological Footprint Method* das atividades realizadas pelo homem na região e a biocapacidade presente. O resultado final desta operação revela o total que o consumo humano está exigindo das fontes produtoras de recursos naturais.

A área objeto de estudo compreende a cidade de Campina Grande, situada no agreste paraibano e localizada a 120 km da capital do estado, João Pessoa. Campina Grande é o segundo município em população exercendo grande influência política e econômica sobre outros 57 municípios paraibanos. Atualmente, o município possui dentro do perímetro urbano algumas áreas verdes e além destas, três reservas ambientais, quais sejam: Parque Estadual do Poeta, Reserva do Louzeiro e a Reserva do Riacho das Piabas (O Parque Estadual do Poeta, com uma área de 419,51 hectares, e a Reserva do Louzeiro, com uma área de 300 hectares). É importante ressaltar que as reservas do Louzeiro e do Riacho das Piabas estão passando por um intenso processo de devastação.

### **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS**

#### **4.1 Energia Elétrica**

Na tabela 01 estão apresentadas as classes que consomem energia elétrica, a população, o total de consumo em kWh por classe, o EFM (*Ecological Footprint Method*) em hectares da população, o EFM em hectares *per capita*, o EFM em global hectare da população e o EFM em global hectare *per capita*.

Tabela 01 – Cálculo do *Ecological Footprint Method* referente ao consumo de Energia Elétrica

Classe	População	Consumo em kWh	Consumo em GJ	EFM (ha) População	EFM (ha) Per capita	EFM (gha) População	EFM (gha) Per capita
	A	B	C	D	E	F	G
<b>Residencial</b>	381.422	126.668.000	456.004,8	4.560,048	0,0119554	6.247,2658	0,016379
<b>Industrial</b>	381.422	309.361.000	1.113.699,6	11.136,996	0,0291986	15.257,6845	0,040002
<b>Comercial</b>	381.422	77.485.000	278.946	278.946	0,0073133	3.821,5602	0,010019
<b>Rural</b>	381.422	5.746.000	20.685,6	206,856	0,0005423	283,3927	0,000743
<b>Poder público</b>	381.422	17.436.000	62.769,6	627,696	0,0016457	859,9435	0,002255
<b>Iluminação pública</b>	381.422	17.122.000	61.639,2	616,392	0,0016160	844,4570	0,002214
<b>Serviço público</b>	381.422	5.114.000	18.410,4	184,104	0,0004827	252,2225	0,000661
<b>Consumo próprio</b>	381.422	387.000	1.393,2	13,932	0,0000365	19,0868	0,000050
<b>TOTAL</b>	381.422	<b>559.319.000</b>	<b>2.013.548</b>	<b>20.135,4</b>	<b>0,0527906</b>	<b>27.585,6131</b>	<b>0,072323</b>

Fonte: IDEME, 2007

Tomando como base o modelo de Parente (2007), os cálculos da variável consumo de energia elétrica foram realizados da seguinte maneira:

Obs.: Para facilitar a compreensão, as demonstrações numéricas estão sendo realizadas para classe residencial de consumo. Entretanto, estes cálculos devem ser feitos para todas as classes.

- 1) Busca de dados populacionais, de acordo com os dados fornecidos pelo IBGE (2008);
- 2) Consumo total de energia elétrica em kWh, referente ao ano de 2006 (IDEME);
- 3) Visando eficiência na realização dos cálculos referentes ao consumo de energia elétrica que é expresso em kWh e deve ser transformado em GJ utilizou-se um conversor denominado: *Energy Unity Conversion Calculator*. Entretanto, o cálculo pode ser feito através de uma regra de três simples. No exemplo abaixo, considere o consumo residencial de energia elétrica.

$1 \text{ kWh} \text{-----} 0,0036 \text{ Gj}$ $126.668.000 \text{ kWh} \text{-----} X \Rightarrow$ $X = 456.004,8 \text{ Gigajoules}$
--

- 4) Para calcular o valor do *Ecological Footprint Method* em hectare da população [EFM (ha) população], é necessário dividir o consumo em gigajoules por 100;

$\text{EFM}(\text{ha}) \text{ população} = 456.004,8 / 100 = 4.560,048$
---

- 5) O *Ecological Footprint Method* em hectare *per capita*, item, foi calculado através da divisão do resultado do EFM (ha) população pelo total de habitantes;

$\text{EFM}(\text{ha}) \text{ per capita} = 4.560,048 / 381.422 = 0,0119554$
--

- 6) O cálculo do *Ecological Footprint Method* em *Global Hectare* da população foi realizado multiplicando-se o EFM (ha) da população, pelo Fator de Equivalência 1,37 atinente à biodiversidade global da terra de energia;



$$\text{EFM (gha) população} = 4.560,048 * 1,37 = 6.247,2658$$

Calculou-se o *Ecological Footprint Method* em *Global Hectare per capita* dividindo-se o EFM (gha) população pelo total da população;

$$\text{EFM (gha) per capita} = 6.247,2658 / 381.422 = 0,016379$$

Esses cálculos deverão ser realizados para todas as classes de consumo. Observe na tabela 1, que uma vez realizados os procedimentos, ao seu final, na última linha denominada TOTAL é feito o somatório dos valores encontrados para as classes consideradas. O somatório proveniente da coluna *Ecological Footprint* da população (ha) será utilizado para obter, a representação percentual do impacto que o consumo de energia elétrica no *Ecological Footprint Total (ha)*. Sendo assim, a percentagem pode ser encontrada da seguinte forma:

$$\text{Representação Percentual da variável no EFM Total (ha)} = \frac{\text{EFM (ha) da variável}}{\text{Ecological Footprint Total}}$$

$$\text{Ecological Footprint Total em hectares} = \text{EFM (ha) de energia elétrica} + \text{EFM (ha) de água} + \text{EFM (ha) de resíduos sólidos} + \text{EFM (ha) de combustível}$$

Em valores numéricos para o consumo de energia elétrica, obtem-se:

$$\text{Representação Percentual do Consumo de energia elétrica da população no EFM Total (ha)} = \frac{20.135,484}{(20.135,484 + 487,974 + 100.860 + 309.362,557)} = 0,0467 * 100 = 4,68\%$$

É importante salientar que o percentual de impacto no *Ecological Footprint Total (ha)* somente será obtido quando todas as tabelas estiverem prontas, pois como ressaltado anteriormente, é necessário o *Ecological Footprint Method (ha)* população de cada item (variável) de consumo.

Em se tratando do consumo de energia elétrica no município de Campina Grande, observou-se que o *Ecological Footprint* em hectare da população corresponde a 4,68% do impacto negativo ao ecossistema urbano. Esse percentual expressa elevado padrão de consumo por parte da população. Dessa maneira, é necessário substituir o estilo de consumo tradicional por formas de energia renováveis.

## 4.2 Água

A tabela 02 mostra as classes, a população o consumo de água em m<sup>3</sup>, o consumo de água em megalitros, o total de CO<sub>2</sub> emitido em toneladas, o *Ecological Footprint Method* da população, o EFM *per capita* por hectare, o EFM da população em global hectare e o EFM *per capita* por hectare.

Tabela 02 – Cálculo do *Ecological Footprint Method* referente ao consumo de Água

Classe	População	Consumo em m <sup>3</sup>	Consumo em (mgl)	Total de CO <sub>2</sub> Emitido (t)	EFM/ (ha) População	EFM/ (ha) Per capita	EFM Total (gha)	EFM (gha) Per capita
	A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Residencial</b>	381.422	1.064.150	1.064,15	393,736	393,756	0,0010323	539,4176	0,0014142
<b>Industrial</b>	381.422	77.832	77,832	28,798	28,798	0,0000755	39,4530	0,0001034
<b>Comercial</b>	381.422	72.768	72,768	26,924	26,924	0,0000706	36,8861	0,0000967
<b>Poder Público</b>	381.422	80.012	80,012	29,604	29,604	0,0000776	40,5581	0,0001063
<b>Misto</b>	381.422	24.122	24,122	8,925	8,925	0,0000234	12,2274	0,0000321
<b>Total</b>	381.422	<b>1.318.884,00</b>	<b>1.318,88</b>	<b>487,974</b>	<b>487,947</b>	<b>0,0012794</b>	<b>668,5423</b>	<b>0,0017528</b>

Fonte: Cagepa, 2007

Os cálculos desta variável foram realizados da seguinte forma:

Obs.: Para melhor compreensão, segue um exemplo elaborado com o valor referente ao consumo residencial de água. Todavia, todas as classes de consumo necessitam ser calculadas.

- 1) Levantamento da população, conforme os dados fornecidos pelo IBGE (2008);
- 2) Consumo total de água, referente ao ano de 2007 (Cagepa);
- 3) Conforme Chambers et. al *apud* Parente (2007), 01 (um) litro de água é igual a 0,001 m<sup>3</sup> e 1 (um) mega litro corresponde a 1000 m<sup>3</sup>. Desta forma, o consumo de água em m<sup>3</sup> pode ser transformado para mgl dividindo-se o valor em m<sup>3</sup> por mil.

$$\text{Consumo em mgl} = 1.064.150/1.000 = 1.064,15$$

- 4) Considerando que durante o processo de tratamento, encanação e distribuição de 1(um) mega litro de água as pessoas liberam 370 kg ou 0,37 toneladas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera, pode-se calcular o Total de CO<sub>2</sub> Emitido (t), multiplicando o consumo em mgl por 0,37.

$$\text{Total de CO}_2 \text{ emitido (t)} = 1.064,15 * 0,37 = 393,736.$$

- 5) Segundo dados do IPCC, 1(um) hectare absorve 1(uma) tonelada de CO<sub>2</sub>. Assim, para calcular o EFM/(ha) população, divide-se o total de CO<sub>2</sub> emitido toneladas (t) por 1.

$$\text{EFM/(ha) população} = 393,736/1 = 393,736$$

- 6) O cálculo do EFM/ (ha) *per capita*, dividindo-se o EFM/ (ha) população pelo total de habitantes.

$$\text{EFM/(ha) per capita} = 393,736/381.422 = 0,0010323$$

- 7) Para obter o valor referente EFM Total (gha), multiplica-se o EFM/(ha) população por 1,37 referente à produtividade da área da floresta.

$$\text{EFM Total (gha)} = 393,736 * 1,37 = 539,4176.$$

- 8) O EFM (gha) *per capita* foi calculado através da divisão do EFM Total (gha) pela população.

$$\text{EFM (gha) per capita} = 539,4176/381.422 = 0,0014142.$$

Finalizados os cálculos para todas as classes de consumo de água, chegou-se ao total do EFM (ha) da população (487,974), que evidencia o total de água que a população consumiu durante o ano. Esse total foi dividido pelo somatório dos totais correspondentes aos EFM (ha) da população das demais variáveis (430.846,02) para encontrar o percentual de participação do consumo de água para degradação do planeta, ou seja, na pegada ecológica total.

$$\text{Representação Percentual} = 487,974/430.846,02 = 0,0011 * 100 = 0,11\%$$

O *Ecological Footprint* em hectare da população referente ao consumo de água é representa 0,11% do impacto ambiental local. Esse percentual reflete uma conscientização por parte da população em se tratando do consumo de água. A população está consciente de que a água potável é um recurso escasso e que é preciso evitar desperdícios, almejando o equilíbrio do ecossistema e a sobrevivência das espécies.

#### 4.3 Geração de resíduos sólidos

A Tabela 03 apresenta as classes, a população, o total de resíduos sólidos gerados, o total de CO<sub>2</sub> emitido em toneladas, o EFM (*Ecological Footprint Method*) da população, o EFM *per capita* por hectare, o EFM da população por global hectare e o EFM *per capita* por hectare.

Tabela 03 – Cálculo do *Ecological Footprint Method* referente à geração de resíduos sólidos

Classe	População	Geração Resíduos Totais (t)	Emissão de CO <sub>2</sub> (t)	EFM (ha) População	EFM (ha) Per capita ref. emissão CO <sub>2</sub>	EFM (ha) População Emissão CO <sub>2</sub> +CH <sub>4</sub>	EFM (ha) Per capita Emissão CO <sub>2</sub> +CH <sub>4</sub>	EFM (gha) Emissão CO <sub>2</sub> +CH <sub>4</sub>	EFM (gha) Per capita
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Domiciliar	381.422	76.128,19	25.376,06	25.376,00	0,0665302	50.752,00	0,1330603	69.530,24	0,1822926
Entulho	381.422	65.907,79	21.969,26	21.969,00	0,0575983	43.938,00	0,1151966	60.195,06	0,1578194
Caixa Estacionária	381.422	6.758,92	2.252,97	2.253,00	0,0059068	4.506,00	0,0118135	6.173,22	0,0161846
Podas	381.422	2.109,67	703,22	703,00	0,0018437	1.406,00	0,0036874	1.926,22	0,0050517
Hospitalar	381.422	387,28	129,09	129,00	0,0003385	258,00	0,0006769	353,46	0,0009274
<b>TOTAL</b>	<b>381.422</b>	<b>151.291,85</b>	<b>50.430,62</b>	<b>50.430,00</b>	<b>0,1322174</b>	<b>100.860,00</b>	<b>0,2644348</b>	<b>138.178,20</b>	<b>0,3622756</b>

Fonte: SOSUR, 2007

Para obter os cálculos da variável resíduos sólidos, foram seguidos os seguintes procedimentos:

Obs.: Para melhor compreensão, segue um exemplo elaborado com o valor referente à geração de resíduo domiciliar.

- 1) Levantamento da população, conforme os dados fornecidos pelo IBGE (2008);
- 2) O volume de resíduos sólidos em toneladas, referentes ao ano de 2007 (SOSUR);
- 3) Conforme Andrade (2006), 0,00135 toneladas de resíduos produzem 0,00045 toneladas de CO<sub>2</sub>, assim a Emissão de CO<sub>2</sub> em toneladas (t), pode ser calculada multiplicando-se a Geração de Resíduos Totais (t) por 0,00045. O resultado desta divisão deve ser dividido por 0,00135. Através de uma regra de três simples:

$$\begin{array}{l} 0,00135 \text{ (t)} \text{-----} 0,00045 \text{ (t) de CO}_2 \\ 76.128,19 \text{ (t)} \text{-----} X \\ X = 25.376,06 \text{ toneladas de CO}_2 \end{array}$$

- 4) Partindo do princípio de que um hectare de terra absorve 1 (tonelada) de CO<sub>2</sub>, o *Ecological Footprint Method* em hectare é igual ao valor da emissão de CO<sub>2</sub> em toneladas;

$$\text{EFM (ha) da população} = 25.376,00$$

- 5) O *Ecological Footprint Method* em hectare *per capita*, foi calculado dividindo-se a Emissão de CO<sub>2</sub> em toneladas (t) pela população da cidade;

$$\text{EFM (ha) per capita ref. à emissão de CO}_2 = 25.376,06/381.422 = 0,066530$$

- 6) De acordo com Andrade (2006), a produção de CO<sub>2</sub> está atrelada a geração de CH<sub>4</sub>. Sendo assim, no momento em que se produz um kg de CO<sub>2</sub> gera-se também um kg de CH<sub>4</sub>. Dessa forma, para se obter o EFM (ha) População Emissão CO<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub>, multiplica-se o EFM (ha) da população por 2;

$$\text{EFM (ha) População Emissão CO}_2+\text{CH}_4 = 25.376,00*2 = 50.752,00$$

- 7) Seguindo o critério anterior, o *Ecological Footprint Method* em hectare *per capita*, referente à emissão de CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub>, foi calculado através da multiplicação do EFM (ha) *per capita* referente à emissão de CO<sub>2</sub> por 2;

$$\text{EFM (ha) per capita Emissão CO}_2+\text{CH}_4 = 0,066530 \times 2 = 0,13306.$$

- 8) Para obter o EFM (gha) CO<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub>, multiplica-se o EFM da população Emissão de CO<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub> por 1,37 referentes à Bioprodutividade Global da terra de energia;

$$\text{EFM (gha) Emissão CO}_2+\text{CH}_4 = 50.752,00 \times 1,37 = 69.530,24$$

O EFM (gha) *per capita*, foi calculado através da divisão do resultado do EFM (gha) Emissão CO<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub> pela população;

$$\text{EFM (gha) per capita} = 69.530,24 / 381.422 = 0,1822922.$$

Ao término dos cálculos para todas as classes de resíduos, chegou-se ao total do EFM (ha) da população (50.430,00), que evidencia o total de resíduos que a população gerou durante o ano. Esse total foi dividido pelo somatório dos totais correspondentes aos EFM (ha) da população das demais variáveis (430.846,02) para obter o percentual de participação da geração de resíduos sólidos para degradação do planeta, ou seja, na pegada ecológica total;

$$\text{Representação percentual} = 100.860 / 430.846,02 = 0,2341 \times 100 = 23,41\%$$

Dessa maneira, o *Ecological Footprint* por hectare da população correspondente à geração de resíduos sólidos é de 23,41% da composição da pegada ecológica do município. Esse percentual reflete o intenso volume de lixo produzido na cidade, em decorrência da aceleração do consumo por parte da população que aspecto não se mostra preocupada com o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente nesse.

#### 4.4 Combustível

A tabela 04 descreve o volume de combustível (álcool, diesel, gasolina e GNV), o total do volume de combustível, a emissão de CO<sub>2</sub> emitido em toneladas, o EFM (*Ecological Footprint Method*) total por hectare, o EFM *per capita* por hectare, o EFM total por global hectare e o EFM *per capita* por global hectare.

Tabela 04– Cálculo do *Ecological Footprint Method* referente ao volume de combustíveis

Itens	População	Consumo em L	Total de CO2 Emitido (t)	EFM/ (ha) População	EFM/ (ha) Per capita	EFM Total (gha)	EFM (gha) Per capita
	A	B	C	D	E	F	G
Álcool	381.422	4.608.430	11.613,243	11.613,243	0,0304	15.910,143	0,0417
Diesel	381.422	57.322.419	180.565,619	180.565,619	0,4734	247.418,898	0,6486
Gasolina	381.422	42.622.313	112.096,683	112.096,683	0,2939	153.572,456	0,4026
GNV	381.422	2.399.534	5.087,012	5.087,012	0,0133	6.969,206	0,0183
<b>TOTAL</b>	<b>381.422</b>	<b>106.952.696</b>	<b>309.362,557</b>	<b>309.362,557</b>	<b>0,8111</b>	<b>423.826,703</b>	<b>1,1112</b>

Fonte: ANP, 2006

Alguns critérios foram adotados para que fosse possível obter os resultados desejados. Tais critérios são:

Obs.: Para melhor compreensão, segue um exemplo elaborado com o valor referente ao consumo de álcool.

- 1) Levantamento da população, conforme os dados fornecidos pelo IBGE (2008);
- 2) Consumo total de combustível do município. As informações foram obtidas em relatórios da Agência Nacional do Petróleo (ANP), referente ao ano de 2006.
- 3) De acordo com Dias (2006, p.232), 01 (um) litro de gasolina queimando libera 0,00263 (t) de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), 01 (um) litro de álcool emite 0,00252 (t), 01 (um) litro de diesel libera 0,00315 (t) e 01 (um) litro de Gás Natural Veicular (GNV) emite 0,00212 (t) de dióxido de carbono. Multiplicando a quantidade de litros demandada pelos valores expressos anteriormente, obtêm-se o total de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidos com o consumo de combustível no município;

Consumo de álcool * 0,00252 (t) Consumo de diesel * 0,00315 (t) Consumo de gasolina * 0,00263 (t) Consumo de GNV * 0,00212 (t)	} Emissão de CO <sub>2</sub> em toneladas
---	---

Para encontrar o Total de CO<sub>2</sub> Emitido em toneladas (t), multiplicou-se o consumo em litros por 0,00252.

$\text{Total de CO}_2 \text{ emitido em (t)} = 4.608.430 * 0,00252 = 11.613,243$
--

- 4) De acordo com o relatório do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change* – Painel Intergovernamental de mudança climática) uma área de 1(um) hectare tem capacidade de absorver uma tonelada de CO<sub>2</sub> emitida, portanto, o EFM (ha) da população é igual ao Total de CO<sub>2</sub> emitido em (t).

$\text{EFM (ha) da população} = 11.613,243$
---

- 5) Para calcular o EFM (ha) *per capita*, dividiu-se o EFM (ha) da população pelo total de habitantes da cidade.

$\text{EFM (ha) per capita} = 11.613,243 / 381.422 = 0,0304$
--

- 6) Para obter o EFM Total (gha), multiplicou-se o EFM da população por 1,37, valor referente à produtividade global de terra de terra.

$\text{EFM Total (gha)} = 11.613,243 * 1,37 = 15.910,143$
---

- 7) O cálculo do EFM (gha) *per capita*, foi efetivado através da divisão do EFM Total (gha) pelo total de habitantes da cidade.

$\text{EFM (gha) per capita} = 15.910,143 / 381.422 = 0,0417$
---

Concluídos os cálculos para todos os tipos de combustível, pode-se obter o total do EFM (ha) da população (309.362,557), que corrobora o total de combustível que a população consumiu anualmente. Este total foi dividido pelo somatório dos totais correspondentes aos 'EFM (ha) da população' das demais variáveis (430.846,02) para obter o percentual de participação do combustível para degradação do planeta, ou seja, na pegada ecológica total.

$\text{Representação percentual} = 309.362,557 / 430.846,02 = 0,7180 * 100 = 71,80$
---

Os dados do *Ecological Footprint* por hectare da população, referentes ao volume de combustíveis consumidos em Campina Grande, representam o maior impacto no ecossistema global, 71,80%. Esses dados

refletem do aumento da frota dos veículos que utilizam combustíveis fósseis o que implica no aumento significativo da emissão de gases estufas na atmosfera, afetando negativamente o meio ambiente e comprometendo a sobrevivência das várias espécies existentes no planeta.

Uma vez efetivadas as análises a respeito de cada item de consumo, segue o cálculo do saldo ecológico que pode ser visualizado quando se faz a relação entre o total consumido pela população nas variáveis analisadas e o total de área verde que a cidade disponibiliza.

#### 4.5 Saldo/Déficit Ecológico

De acordo com dados da Revista de Biologia e Ciências da Terra, a cidade de Campina Grande tem uma média de 0,08 árvores para cada habitante. O município conta com áreas de preservação, como a Reserva do Louzeiro (300 hectares), Parque Estadual do Poeta (419,51 hectares), Reserva do Riacho das Piabas (240 hectares), conforme demonstra a Tabela 05. Sendo que, o Parque Estadual do Poeta é a maior reserva de área urbana do Brasil.

Tabela 05 – Unidades de conservação existentes em Campina Grande

Unidades de conservação existentes em Campina Grande			
Nome	Área (ha)	Unidade de Conservação	Bioma
Parque Estadual do Poeta	419.51	Estadual	Floresta Semi-Desidual
Reserva do Louzeiro	300	Municipal	Mata Nativa
Reserva do Riacho das Piabas	240	Municipal	Mata Nativa
<b>TOTAL</b>	<b>959,51</b>		

Fonte: IDEME, 2006.

Conforme a Lei 9.885, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), em 2000, Unidade de Conservação é o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes. Tal espaço é legalmente instituído pelo Poder Público, com a finalidade de conservação e limites definidos, sob regimes especiais de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.

Instituídas pelo poder público, as Unidades de Conservação podem se localizar em áreas públicas ou privadas. Podem ser federais, estaduais e municipais e, de acordo com a possibilidade de interferência humana no meio, são divididas em dois grandes grupos: unidades proteção integral e unidades de uso sustentável.

Cada Unidade de Conservação recebe o manejo ambiental adequado para assegurar suas características naturais, ou seja: manter a diversidade natural, conservar os recursos genéticos e hídricos, favorecer a pesquisa científica, manejar os recursos florestais, promover a educação ambiental, o lazer, assegurar a qualidade ambiental e o crescimento econômico regional.

O saldo ecológico é obtido pela diferença entre o *Ecological Footprint Method* das atividades exercidas pelo homem em uma região e a biocapacidade presente. O resultado final desta operação revela o total da pressão imposta ao meio ambiente. Ou seja, *Ecological Footprint Method Total* é obtido pela somatória das áreas do *Ecological Footprint* por hectare da população do ecossistema, apropriadas por cada item de consumo. Destes valores totais são subtraídos os valores da biocapacidade (gha), representadas por áreas de conservação permanentes existente na cidade.

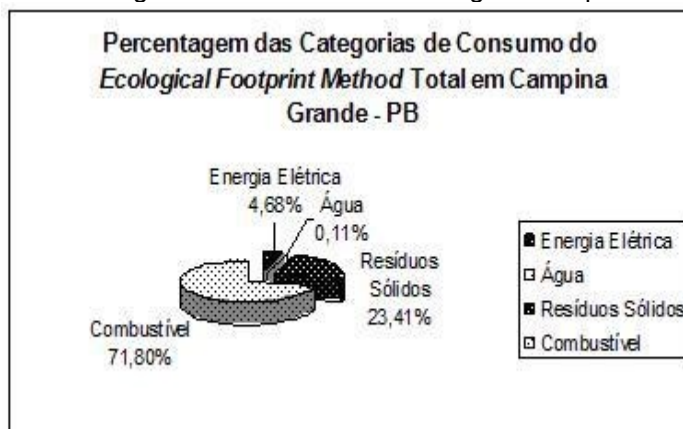
Tabela 06 - Resultado do *Ecological Footprint Method Total* do município de Campina Grande.

Itens	População (hab.)	Ecological Footprint Total (há)	Representação Percentual
Energia Elétrica	381.422	20.135,484	4,68%
Água	381.422	487,974	0,11%
Resíduos Sólidos	381.422	100.860,00	0,11%
Combustíveis	381.422	309.362,557	0,11%
<b>Total</b>	381.422	430.846,02	100%

Fonte: Pesquisa direta

O Gráfico 01, apresenta os valores percentuais dos impactos causados pelas categorias de consumo no *Ecological Footprint Total* do município de Campina Grande.

Gráfico 01 – Percentagem das categorias de consumo no Ecological Footprint Total de Campina Grande



Fonte: Pesquisa direta

Portanto, as áreas de preservação na cidade, levando-se em conta as áreas silvestres protegidas, reservas biológicas e ecológicas com o uso limitado, perfazem um conjunto de 959,51 hectares, equivalentes a 1,55 % da área total do município.

Os dados apresentados indicam que o *Ecological Footprint Method* Total da população do município de Campina Grande é de 430.846,02 hectares e a área bioprodutiva é de 959,51 hectares, gerando um *déficit* Ecológico de 429.886,51 hectares. Esse valor evidencia o quanto as grandes cidades, sobretudo, os costumes de sua população prejudicam o ecossistema global. Em verdade, através a observação da realidade que permeia a cidade objeto de estudo, ratifica os resultados encontrados.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da aplicação do *Ecological Footprint Method* no município de Campina Grande corroboram a idéia de que as grandes cidades compostas por grande número de pessoas com hábitos insustentáveis deterioram o meio ambiente no qual elas estão inseridas.

A Pegada ecológica da cidade mostrou-se alta em virtude, sobretudo, da elevação do consumo de combustíveis (71,80%) e da geração de resíduos sólidos (23,41%). Tem-se observado que nos últimos anos a frota de automóveis cresceu bastante na cidade, devido ao aumento do poder aquisitivo da população. O crescimento da frota proporcionou a ascensão do consumo de combustível e conseqüentemente a emissão de gases estufa na terra. Por outro lado, observa-se na localidade alta produção de lixo. Este, por sua vez é despejado em um lixão municipal, poluindo o solo, os lençóis freáticos e o ar.

Outro fator que contribui sobremaneira para elevação da pegada ecológica da cidade objeto de estudo é a ausência de muitas unidades de conservação ou áreas florestais capazes de suprir as necessidades das pessoas e ao mesmo tempo absorver os resíduos produzidos. Em verdade, Campina Grande apresenta uma área verde ínfima em se comparando com o que seria necessário para suportar o padrão de consumo de sua população. As pesquisas realizadas mostram que a cidade apresenta apenas 959,51 hectares de área verde.

Para se ter uma idéia da dimensão do problema, os números obtidos no estudo mostram claramente que a população de Campina Grande requer uma área total de 430.846,02 hectares de áreas naturais para suprir as suas demandas por energia elétrica, água, resíduos sólidos e combustíveis e absorver os dejetos decorrentes da transformação desses elementos.

À medida que se contrapõe o déficit ecológico com o total de área verde que a localidade possui, conclui-se que seria necessária uma área 449,03 ( $430.846,02/959,51= 449,03$ ) vezes maior para suportar o metabolismo da cidade.

Neste sentido, corrobora-se a necessidade de ações urgentes para tomada de consciência por parte da sociedade, objetivando a redução e possível eliminação dos impactos ambientais na natureza. O descaso das pessoas acerca desta problemática implicará impossibilidade de sobrevivência humana no planeta.

Neste momento, percebe-se a importância do desenvolvimento contínuo de ferramentas capazes de auxiliar na gestão dos recursos naturais para um desenvolvimento sustentável. As ferramentas de mensuração da sustentabilidade, a exemplo do *Ecological Footprint Method*, dentro de suas limitações, refletem o contexto no qual o meio ambiente se encontra.

Assim, a pegada ecológica decorrente da avaliação dos itens/variáveis ratifica a insustentabilidade do município de Campina Grande sob a perspectiva ambiental, bem como reflete os inadequados modos de consumo e o estilo de vida da população dessa cidade.

Para trabalhos vindouros seria recomendável, o acréscimo de indicadores que possam promover

avanços no que se refere aos dados obtidos e ao método de estudo. Além disso, seria adequada a realização de outras aplicações da pegada ecológica em outras cidades do Estado da Paraíba, bem como, em outros estados nordestinos para que dessa forma seja possível analisar possíveis alterações de comportamento e comparar os dados com outras regiões do país.

## 6. AGRADECIMENTOS

Ao professor Gesinaldo pela orientação e ao CNPq pela bolsa de iniciação científica.

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. **Manejo dos restos culturais do abacaxizeiro** (Ananas comosus (L. Merrill) "Smooth Cayenne" e os seus efeitos na fertilidade do solo e na nutrição da planta. 2002. 115f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.

ALMEIDA, F. **O bom negócio da sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

ANDRADE, B.B. **Turismo e sustentabilidade no Município de Florianópolis: uma aplicação do método de pegada ecológica**. (Dissertação de Mestrado). UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina–UFSC, Florianópolis-SC, 2006.

ANP - **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/doc/petroleo/abastecimento/Revenda/volume\\_combustiveis\\_2006.pdf](http://www.anp.gov.br/doc/petroleo/abastecimento/Revenda/volume_combustiveis_2006.pdf)>. Acesso em: 25 Mar. 2009.

BELLEN, H. M. V. **Indicadores de Sustentabilidade: uma análise corporativa**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

CAGEPA – Companhia de Água e Esgoto do Estado da Paraíba. Disponível em: <pesquisa direta>

CIDIN, R. C. P. J; SILVA, R. S. **Pegada Ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural**. Estudos Geográficos, v.2, n.1, p.43-52, Rio Claro, Junho 2004.

DIAS, G. F. **Pegada Ecológica e Sustentabilidade Humana**. São Paulo: Gaia, 2002.

G&DR – **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/032008/comunicacao.pdf>>. Acesso em: 24 de Maio de 2009.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em:

< <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 09 Mar. 2009

IDEME – **Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba**. Disponível em: <http://www.ideme.pb.gov.br>. Acesso: Acesso em 24 de Maio de 2009.

IDEME – **Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba**. Anuário Estatístico do Estado da Paraíba, 2005.

IDEME – Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual da Paraíba. **Anuário Estatístico do Estado da Paraíba**, 2005.

MCCOOL, S.F.; STANKEY, G.H. **Indicators of Sustainability: Challenges and Opportunities at the Interface of science and Policy**. Environmental Management Vol. 33, Nº3, pp. 234-305. Springer-Verlag. New York, 2004.

MITCHELL, G. **Problems and Fundamentals of sustainable Development Indicators**. 1997. Disponível on-line em: <<http://www.lec.leeds.ac.uk/people/gordon.html>> Acesso em: 26 Abril 2009.

O'MEARA, M. **Explorando uma Nova Visão para as Cidades**. P.138-157. Estado do Mundo – 1999. Traduzido por Henry Mallet. Salvador: UMA, 2000.

PARENTE, A. **Indicadores de Sustentabilidade Ambiental: um Estudo do Ecological Footprint Method do**



**Município de Joinville – SC.** (Dissertação de Mestrado). Departamento de Administração. UNIVALE - Universidade do Vale do Itajaí. Biguaçu – SC, 2007.

QUEIROZ, T. D. et al. **Temas transversais e conteúdos & conteúdos normais: Proposta Prática de Construção de Conhecimento Transversal:** 1º ciclo. São Paulo: Didática paulista, 2000.

RIBEIRO, M. F.; PEIXOTO, J. A. A.; XAVIER, L. S. **Estudo do Indicador de Sustentabilidade Pegada Ecológica: Uma Abordagem Teórico-Empírica.** Anais do XXVII ENEGEP – Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu-PR, 2007.

SOSUR – **Secretaria de Obras e Serviços Urbanos.** Disponível em: < pesquisa direta >

WACKERNAGEL, M.; et al. **National Footprint and Biocapacity Accounts 2005:** The underlying calculation method. Disponível em [www.footprintnetwork.org/](http://www.footprintnetwork.org/)

WACKERNAGEL, Mathis; REES, William. **Our Ecological Footprint:** reducing human impact on the earth. 6.ed.Canadá: New Society Publishers, 1998.