

## A PEGADA ECOLÓGICA COMO FERRAMENTA DE PERCEÇÃO DA (IN)SUSTENTABILIDADE DO ECOSISTEMA DE AQUIDAUANA

### RESUMO

Os centros educacionais, como centro de conhecimento, também vêm repensando sobre suas ações, e, a partir disso, adotam diretrizes mais sustentáveis em seus eixos de atuação: ensino, pesquisa, extensão e gestão. Assim, o indicador como Pegada Ecológica (PE), possui um importante papel na tentativa de mensurar a (in)sustentabilidade desses centros, como maneira de identificar qual rumo e destino a sociedade está seguindo, de forma a sensibilizar a sociedade e tomadores de decisão a orientar a formulação de políticas. Assim, este artigo calcula a PE no Câmpus Aquidauana do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul (IFMS), analisando sua aplicabilidade e viabilidade no contexto institucional. Para o cálculo, foi adaptada a metodologia empregada na Universidade de São Paulo (USP), considerando as seguintes categorias no cálculo: consumo de água, consumo de energia elétrica, consumo de papel, áreas construídas e mobilidade e transporte.

**PALAVRAS-CHAVES:** Pegada Ecológica; Sustentabilidade Ambiental; Indicador; Impacto Ambiental.

## THE ECOLOGICAL FOOTPRINT AS A PERCEPTION TOOL (IN) SUSTAINABILITY OF THE ECOSYSTEM OF AQUIDAUANA

### ABSTRACT

Educational centers like knowledge center also are rethinking their actions and, from that, adopt more sustainable policies in their operation areas: teaching, research, extension and management. Therefore, the indicator as Ecological Footprint (EF), has an important role in an attempt to measure the (un)sustainability of these centers as a way to identify which direction and destination society is following, in order to sensitize society and decision makers to guide the formulation of policies. Thus, this article calculates the EF in the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia in Aquidauana, Mato Grosso do Sul (IFMS), analyzing its applicability and feasibility in the institutional context. For the calculation, the methodology used was adapted from the University of São Paulo (USP), considering the following categories in the calculation: water consumption, electricity consumption, paper consumption, built-up areas and mobility and transportation.

**KEYWORDS:** Ecological Footprint; Environmental Sustainability; Indicator; Environmental Impact.

*Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.6, n.2, Jun, Jul, Ago, Set, Out, Nov 2015.*

ISSN 2179-6858

SECTION: *Articles*

TOPIC: *Consumo e Meio Ambiente*



DOI: 10.6008/SPC2179-6858.2015.002.0004

**Marcia Ferreira Cristaldo**

Instituto Federal do Mato Grosso do Sul, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2008970440541776>  
[marcia.cristaldo@ifms.edu.br](mailto:marcia.cristaldo@ifms.edu.br)

**Hevelyne Henn da Gama Viganó**

Instituto Federal do Mato Grosso do Sul, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/3698694854040529>  
[hevelyne.vigano@ifms.edu.br](mailto:hevelyne.vigano@ifms.edu.br)

**Celso Correia de Souza**

Universidade Anhanguera, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2881392515816773>  
[csouza939@gmail.com](mailto:csouza939@gmail.com)

**José Francisco dos Reis Neto**

Universidade Anhanguera, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9069806202978279>  
[jfreisneto@uniderp.edu.br](mailto:jfreisneto@uniderp.edu.br)

**Daniel Massen Frainer**

Universidade Anhanguera, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6910455102814572>  
[danielfrainer@gmail.com](mailto:danielfrainer@gmail.com)

Received: 20/03/2015

Approved: 14/10/2015

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

### Referencing this:

CRISTALDO, M. F.; VIGANÓ, H. H. G.; SOUZA, C. C.; REIS NETO, J. F.; FRAINER, D. M.. A pegada ecológica como ferramenta de percepção da (in)sustentabilidade do ecossistema de Aquidauana. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.6, n.2, p.52-68, 2015.* DOI: <http://dx.doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2015.002.0004>

## **INTRODUÇÃO**

O modelo de desenvolvimento econômico dominante nos últimos séculos vem exercendo significativa pressão sobre os recursos naturais. Existem as consequências deste modelo, que são: uso e ocupação de áreas ecologicamente protegidas; poluição das águas, solo e ar; construção de grandes empreendimentos de alto impacto como usinas para geração de energia elétrica, mineração; perda de biodiversidade; entre outros. Para essa discussão a civilização humana encontrou-se pela primeira vez, durante a Eco 92 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento - no Rio de Janeiro. Na Eco 92 o conceito de 'Desenvolvimento Sustentável' como senso comum foi oficializado. Entre a Eco 92 e a Rio+20, em apenas duas décadas, foi acrescentado mais de 1,6 bilhão de novos habitantes/consumidores e mais de 50 trilhões de dólares em PIB ao planeta. A civilização continua a crescer a um ritmo acelerado, de 80 milhões de novos habitantes por ano, que sustentam a 'eco-nomia'. A cada dia, 219 mil novos habitantes sentam-se à mesa do almoço global, e 1/3 desses não terão o que comer (WORLDWATCH, 2013).

A velocidade impacta a todos, em 1804, a população do planeta atingiu o primeiro bilhão de seres humanos. Cento e trinta anos depois, em 1930, o segundo bilhão, assim, desde essa época acrescentou-se ao planeta mais de 5 bilhões de novos habitantes/consumidores, em apenas oito décadas. Nesse contexto, um grupo de especialistas, indicado pela ONU, trabalha na definição de políticas voltadas à promoção de um desenvolvimento mais inclusivo e sustentável, os objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), que servirão como 'painel de navegação' a ser adotado a partir de 2015. O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) lança o seu quinto relatório reforçando que o aquecimento global é inequívoco e, com mais de 95% de certeza, é causado por emissões de gases de efeito estufa pela atividade antrópica sobre o planeta.

O relatório denominado de Estado do Mundo, do WorldWatch institute, de 2013, afirma que dentre os principais problemas de insustentabilidade no mundo destaca-se o consumo não responsável de recursos naturais. O consumismo representa uma ameaça à humanidade, pois, além de esgotar os recursos naturais, piora a qualidade de vida da população. Com o intuito de representar essa ameaça a WorldWatch institute de 2013, destacou-se uma linha do tempo entre dezembro de 2011 a novembro de 2012, mostrando a soma de progressos, retrocessos e passos que afetam a qualidade ambiental e o bem-estar social no mundo. Nessa linha tem-se sobre Clima, Tóxicos, Poluição entre outros relatando as atividades ocorridas pelo mundo (WORLDWATCH, 2013).

O problema da sustentabilidade ou da insustentabilidade ambiental pode se manifestar desde pequenas comunidades até grandes biomas, ou mesmo países. O conceito de sustentabilidade neste artigo é entendido como uma postura capaz de responder aos problemas sociais e ambientais por meio de ações de gestão e de educação ambiental em uma comunidade,

com eficiência econômica. A primeira, como um conjunto de ações para prevenir, diminuir e corrigir os impactos causados pelas atividades humanas e, a segunda, como as medidas para incorporar a dimensão ecológica, social, política e econômica na formação da sociedade (ALBA, 2006).

Nesse contexto, amplia-se a importância de mensurar a sustentabilidade ou a insustentabilidade como maneira de verificar qual rumo e destino a sociedade está seguindo, inclusive, de instituições de ensino, com destaque para o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, Câmpus Aquidauana, que será o foco deste trabalho. Os centros educacionais, como centros de produção de conhecimento e protagonistas de ações em educação, vêm sendo convocados à adotar diretrizes mais sustentáveis na gestão de seus campi. Nesse contexto, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, Câmpus Aquidauana, que oferece cursos técnicos e tecnológicos, da mesma forma que tem buscado excelência no ensino, pesquisa e extensão, vem investindo em formas de tornar-se cada vez menos impactante, do ponto de vista da dimensão ambiental da sustentabilidade. Alguns projetos foram desenvolvidos ao longo dos 3,5 anos de fixação do Câmpus na Cidade de Aquidauana, Estado de Mato Grosso do Sul, como projetos de Semana de Meio Ambiente, onde são desenvolvidas palestras, ações de conscientização entre os estudantes, professores e administrativos com a população da Cidade. Houve ações como: Limpeza do Rio Aquidauana, plantação de mudas às margens desse rio e outros projetos ambientais desenvolvidos pelos Professores, como projetos de extensão relacionados ao descarte de resíduos; gesso, óleo e pilhas além da construção civil.

As instituições de educação técnicas e superiores já não são somente vistas como fonte única de conhecimento e formação de profissionais que integrarão a sociedade e contribuirão para seu progresso econômico, mas sim como as melhores candidatas para oferecer exemplos de projetos sustentáveis tendo como fator chave a educação como ferramenta indutora de mudança positiva de caráter coletivo (OTERO, 2010). Existem um número de ferramentas qualitativas e quantitativas que foram desenvolvidas com o objetivo de mensurar a (in)sustentabilidade ambiental, sendo uma delas o uso de indicadores, ou seja, um sistema de sinais que facilita a visualização e comunicação dos resultados e a avaliação do progresso em determinado parâmetro ambiental (QUIROGA, 2001). Um indicador que têm recebido grande atenção, em função do seu potencial político-pedagógico, é a PE.

Como exemplo, a Universidade de Santiago de Compostela, na Espanha, utiliza a ferramenta PE para o dimensionamento e o cálculo do impacto ambiental da mesma, desde 2007, dentro do eixo de planificação, gestão e avaliação ambiental do Plano de Desenvolvimento Sustentável, consolidada e embasada no indicador PE.

## Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul, Câmpus Aquidauana

O IFMS\_AQ faz parte do programa de expansão da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, do Ministério da Educação (MEC). O projeto de implantação do IFMS teve início em outubro de 2007, quando foi sancionada a lei nº11.534, que dispõe sobre a criação das escolas técnicas e agrotécnicas federais. O projeto da Rede Federal incluiu ainda a implantação de outros cinco câmpus nos municípios de Aquidauana, Corumbá, Coxim, Ponta Porã e Três Lagoas, consolidando o caráter regional de atuação. O Câmpus Nova Andradina iniciou as atividades em fevereiro de 2010. No ano seguinte, os outros seis câmpus entraram em funcionamento com a oferta de cursos técnicos integrados. Na terceira fase de expansão da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, deverão ser implantadas mais três unidades, em Dourados, Jardim e Naviraí. O IFMS conta atualmente com 600 funcionários entre docentes e administrativos. O número de estudantes do Curso Técnico de todas as áreas, no ano de 2013, foi de 1040 estudantes matriculados. Já, no curso Superior 400 estudantes. Na Figura 1 estão indicados os 16 campi do IFMS.



**Figura 1:** Disposição geográfica e área de abrangência dos Câmpi do IFMS.  
**Fonte:** IFMS (2014).

O município de Aquidauana está localizado na região da Serra de Maracaju, Oeste de Mato Grosso do Sul, a 131 km da Capital, Campo Grande. Dados do Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) contabilizaram 45.614 habitantes, sendo o 7º maior centro urbano do Estado. O IFMS\_AQ constitui-se atualmente de 20 professores, 11 funcionários administrativos e 206 estudantes, perfazendo um total de 237 pessoas. O IFMS\_AQ, como toda Instituição de Ensino, está sujeito a impactos ambientais devidos seus padrões de ensino, pesquisa, extensão e administração. Dessa maneira, esta Instituição foi o local escolhido para desenvolver a presente pesquisa, com o cálculo do indicador denominado de PE, com o intuito de mensurar a sua (in)sustentabilidade.

Assim, o presente trabalho teve como objetivo apresentar uma reflexão da metodologia proposta pela 'PE' para a análise dos impactos gerados por estudantes, professores e funcionários do IFMS\_AQ no período de agosto de 2013 a julho de 2014, utilizando como variáveis: consumo de água; energia elétrica; consumo de papel; área construída e; mobilidade e transporte.

## **REVISÃO TEÓRICA**

### **Procedimentos para o Cálculo da PE**

Para Van Bellen (2004) há um consenso entre especialistas da área do meio ambiente de que a utilização de um instrumento de medida para a análise de questões relativas à sustentabilidade do ser humano no planeta pode transformar preocupações em ações concretas. A atribuição de valores e, por sua vez, graus de criticidade às atividades, viabiliza a comparação entre estas ações e também o estabelecimento de metas a serem cumpridas no sentido de melhorar o desempenho ambiental do indivíduo ou de uma comunidade de pessoas. A aplicação de instrumentos que viabilizem uma quantificação da condição sustentável de uma determinada população é importante tanto para permitir a classificação desta dentro de um contexto de preservação ambiental, como também para facilitar o alcance de ações de melhoria em busca do desenvolvimento sustentável.

Segundo Wackernagel e Rees (1996), pegada ecológica é uma ferramenta de contabilidade ambiental que auxilia no planejamento da sustentabilidade de uma comunidade de pessoas, além de outras diversas aplicações. Segundo Pereira (2008), trata-se de um instrumento conceitual para avaliar o impacto ambiental que cada indivíduo, processo, atividade e região produz sobre a Terra, através do uso de recursos e serviços fornecidos pela natureza e as consequentes gerações de resíduos. Ela auxilia no desenvolvimento de estratégias e cenários futuros aplicáveis em várias escalas: individual, familiar, regional, nacional e mundial em direção à sustentabilidade, de acordo com Cidin e Silva (2004).

Conforme Maduro-Abreu et al. (2009), uma das principais contribuições do método da PE é a sua capacidade e de gerar discussões sobre os limites ecológicos em razão da facilidade de entendimento de seu resultado. Entende-se PE como um indicador de pressão ambiental, já que sua unidade é baseada na quantidade de terra necessária para suportar os impactos promovidos no meio ambiente. Para Alvarenga et al. (2010), a metodologia deste indicador transforma inputs em outputs de um sistema ou de uma determinada população dentro de uma área. A ferramenta aponta a área necessária para a sobrevivência do sistema ou de uma população. O cálculo é, então, baseado no uso de todos os materiais e energia consumidos em todas as atividades dessa população.

A PE e sua unidade hectare global (GHA), em que  $ha = 2,21gha$ , consiste em uma medida intuitiva e quantificável de sustentabilidade ambiental, que pode revelar como os impactos de uma

localidade vão muito além de suas fronteiras físicas, segundo Kuzyk (2012). Segundo os estudiosos Mathis Wackernagel e William Rees que em 1996 desenvolveram a metodologia para o cálculo da PE, afirmaram que na realização do cálculo da pegada ecológica busca-se medir a quantidade de recursos naturais necessária, expressa em área produtiva, para suportar a demanda de uma determinada população. Com isso, se o indicador revela um excesso de demanda diante da disponibilidade, presume-se a possibilidade da escassez dos recursos.

O cálculo da PE é, então, dividido em duas partes: a oferta ecológica (biocapacidade) e o consumo da população (pegada). Conforme a WWF (2014), o conceito de biocapacidade inclui a quantificação da capacidade da natureza em produzir recursos renováveis, fornecer terra para áreas construídas e possibilitar a absorção de resíduos, como absorção de carbono. Segundo WACKERNAGEL et al. (2004), a metodologia da PE, não só indica o quanto a “degradação ambiental” de uma determinada região está acima ou dentro dos parâmetros considerados aceitos, como também, calcula qual a área necessária de terras produtivas para a absorção de CO<sub>2</sub> e dos resíduos gerados pelas atividades humanas. Os autores ainda sugerem que sejam considerados como principais itens de consumo aqueles que mais exercem pressão sobre os recursos naturais, para o cálculo da PE da região em estudo.

A PE como indicador de sustentabilidade ambiental apresenta diversas vantagens e algumas limitações. Como limitações, destaca-se que o método não integra a questão social e econômica, e que visa somente os aspectos ecológicos, e, mesmo nos aspectos ecológicos, não são contabilizados alguns impactos como a contaminação do solo, da água e do ar, erosão, perda de biodiversidade e impacto na paisagem (PON, 2007). Desta forma, Wackernagel e Rees (1996) utilizam uma abordagem simplificada do mundo real. Alguns exemplos disso são: o cálculo pressupõe que a agroindústria utiliza métodos sustentáveis; considera-se sempre o uso das melhores tecnologias e de alta taxa de produtividade, que, em ambos os casos, não correspondem necessariamente à realidade. Outra limitação do método descrita pelos autores, em 1998, é que o modelo subestima a área necessária para sustentar um determinado sistema, isto é, as áreas requeridas para a manutenção das atividades resultam menores do que o são.

Outros estudiosos apontam a deficiência do método em mostrar a dinâmica das condições de mudança, uma vez que a ferramenta retrata o estado atual de um sistema. Contudo, Wackernagel e Rees (1996) afirmam que através do uso das séries temporais a PE pode revelar a dinâmica das mudanças presente no sistema. Segundo Hardi e Barg (1997), a realização do cálculo da PE não é de fácil entendimento, pois demanda uma série de dados de consumo e produtividade, além de requerer cálculos para a padronização dos resultados. No que se refere ao tema em centros educacionais, as iniciativas do cálculo surgiu, como afirma Olalla-Tarraga (2003), inicialmente nas universidades americanas e de países de língua anglo-saxônica, dentre as quais a Universidade de Redland na Califórnia e a Universidade do Texas. Outras iniciativas existem na Austrália e Espanha, destacando o cálculo na Universidade Politécnica de Catalunia, na Universidade Autônoma de Madri, na Universidade de Santiago de Compostela. No Brasil,

algumas iniciativas tem sido encontradas, destacando como exemplo o cálculo da PE da Universidade de São Paulo (USP). Sendo a metodologia utilizada na USP à utilizada nesse estudo baseando-se em sua experiência.

## METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse estudo foi baseada na pesquisa descritiva e explicativa a partir de dados secundários obtidos junto à Prefeitura Municipal de Aquidauana, bibliotecas do IFMS, UFMS e UEMS e dados primários obtidos por meio da aplicação de formulário estruturado nos atores que constituem a população total do IFMS\_AQ, (MARCONI & LAKATOS, 2003). As bases de cálculo da PE se baseiam nos critérios estabelecidos na literatura de Wackernagel e Rees (1996) e Philippi Junior (2013), que representam uma abordagem simplificada do mundo real. Os insumos abordados como parâmetros da PE foram: consumo de energia elétrica; consumo de água; consumo de papel; mobilidade e transporte e; área total construída. A equação 1 e 2 são denominadas, respectivamente, equações de conversões dos valores totais obtidos de consumo de cada segmento em quantidade correspondente de massa de gás carbônico liberado (CO<sub>2</sub>) e da área verde, em hectares), necessárias para a absorção do mesmo.

$$Emissão(kg CO_2) = Consumo(un) \times Fator de Emissão \left( \frac{kgCO_2}{un} \right)$$

$$Área(ha) = \frac{Emissão(kg CO_2)}{Taxa de Absorção de Carbono \left( \frac{kgCO_2}{ha \text{ ano}} \right)}$$

A equação (3) apresenta a PE em hectares globais (gha) devido Wackernagel & Rees (1996).

$$PE(gha) = Área(ha) \times Fator de Equivalência \left( \frac{gha}{ha} \right) \quad (3)$$

Onde: gha = hectare global; t = tonelada; ha = hectare.

O período de coleta de dados utilizados para compor o indicador da PE neste estudo foi de agosto de 2013 a julho de 2014. Os dados secundários sobre consumo de energia elétrica, consumo de água, área construída, consumo de papel, deslocamentos dos carros oficiais e o consumo de combustíveis o Câmpus, foram obtidos junto à Direção Administrativa (DIRAD) e Coordenação Administrativa (COAD) Os dados primários foram obtidos por meio dos formulários estruturados aplicados a todos os servidores e estudantes do Câmpus, onde os insumos considerados foram: mobilidade e transporte de servidores e estudantes de suas residências até a instituição de ensino e consumo de papel por parte dos estudantes. O Quadro 1 apresenta o número de participantes do senso do Câmpus, por categoria, para a aplicação do formulário.

**Quadro 1:** Número de participantes do senso do IFMS\_AQ para o cálculo da PE, em 2014.

<b>Categoria</b>	<b>Número Total</b>
Estudantes do curso Técnico Integrado em Informática	75
Estudantes do curso Técnico Integrado em Edificações	99
Estudantes do curso superior Sistemas para Internet	32
Docentes	20
Técnicos Administrativos	11
<b>Total</b>	<b>237</b>

Para efeito de cálculo, foram considerados 200 dias letivos para os estudantes e 330 dias de expediente para os servidores. Levando-se em consideração que cada recurso consumido possui um fator de emissão de CO<sub>2</sub> associado, que inclui a quantidade de carbono emitida em seu ciclo de vida (PHILIPPI & MALHEIROS, 2013; WACKERNAGEL & REES, 1996). O Quadro 2 apresenta os fatores de emissão utilizados para cada insumo.

**Quadro 2:** Fator de emissão de CO<sub>2</sub> por categoria de insumo e respectivas unidades de medidas.

<b>Insumos</b>	<b>Fator de Emissão</b>	<b>Unidade</b>	
Consumo de Água	0,50	KgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	
Consumo de Energia Elétrica	0,57*	KgCO <sub>2</sub> /kWh	
Construção de Edifícios	520**	KgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	
Consumo de Papel Virgem	1,84	KgCO <sub>2</sub> /Kg	
Transporte	Moto	0,07	
	Carro	5 pessoas	0,05
		4 pessoas	0,07
		3 pessoas	0,10
		1 ou 2 pessoas	0,20
Ônibus	0,04	KgCO <sub>2</sub> /km	

\*Fator considerado com base na matriz energética espanhola. \*\*O fator considera o tempo de vida útil de um edifício de 50 anos.

**Fonte:** Adaptado de Philippi e Malheiros (2013).

Com relação à taxa de absorção média de carbono por florestas plantadas adotou-se o valor de absorção de 6,27 tCO<sub>2</sub> por hectare por ano com base nos estudos realizados por Philippi e Malheiros (2013), o que corresponde às florestas que ainda serão implantadas e não as que já foram plantadas, pois estas já estabelecidas, são estáveis na absorção de carbono e não faria sentido realizar a análise, neste caso.

## RESULTADOS

Para o cálculo da PE do IFMS\_AQ foram utilizadas as seguintes variáveis ambientais: consumo de água; consumo de energia elétrica; construção de edifícios; consumo de papel e; mobilidade e transporte.

### Consumo de Água

A quantidade de água total mensal consumida no Câmpus foi obtida na Direção Administrativa do mesmo, com base na análise do histórico de consumo fornecido pela agência

virtual de Saneamento – SANESUL. O Quadro 3 apresenta o consumo mensal de água no IFMS\_AQ no período considerado.

**Quadro 3:** Histórico de consumo de água do IFMS\_AQ, de agosto de 2013 a julho de 2014.

Meses/Ano	Consumo (m <sup>3</sup> )
Agosto / 2013	66
setembro / 2013	239
outubro / 2013	200
novembro / 2013	147
dezembro / 2013	156
janeiro / 2014	143
fevereiro / 2014	172
março / 2014	279
abril 2014	371
maio 2014	539
junho 2014	421
julho 2014	444
<b>Total</b>	<b>3.177</b>

De acordo com os dados obtidos referentes ao consumo total de água e considerando que cada metro cúbico de água consumido libera 0,5 Kg de CO<sub>2</sub>, calculou-se, equação (2), a contribuição equivalente de gás carbônico emitido pelo Câmpus relativo ao consumo de água, num total de 1.588,5 KgCO<sub>2</sub>. Utilizando a equação (3), calculou-se a quantidade de área verde necessária para a absorção do gás carbônico emitido devido ao consumo de água, num total de 0,25335 hectares.

### Consumo de Energia Elétrica

Os valores de consumo de energia elétrica do IFMS\_AQ foram obtidos por intermédio da Direção Administrativa da Instituição junto à empresa de fornecimento de energia elétrica (ENERSUL). Como o fator de emissão de gás carbônico pelo uso de energia elétrica (Quadro 2), é de 0,57 KgCO<sub>2</sub>/KWh, calculou-se através da equação (2) o total de tCO<sub>2</sub> emitido no meio ambiente e, levando-se em consideração o fator de absorção do CO<sub>2</sub> por florestas plantadas, 6.270 KgCO<sub>2</sub>, obteve-se pela equação (3) o total de área verde (florestas plantadas), necessária para a absorção do gás carbônico emitido devido ao consumo de energia elétrica no Câmpus. Esses resultados se encontram na Tabela 1.

**Tabela 1:** Consumo de energia elétrica pelo IFMS\_AQ, emissão total de CO<sub>2</sub> e respectiva área verde necessária para absorção do CO<sub>2</sub> emitido.

Tipo de Consumo	KWh	Kg CO <sub>2</sub>	ha/ano
Total do Consumo na Ponta	24.185	13.785,45	2,19864
Total do Consumo Fora de Ponta	116.663	66.497,91	10,60573
<b>Total</b>	<b>140.848</b>	<b>80.283,36</b>	<b>12,80437</b>

### Construção de Edifícios

A área total do IFMS\_AQ é de 70.000 m<sup>2</sup>, com uma área construída de 6.050,34m<sup>2</sup>. Desse modo, utilizando-se o Quadro 2 e que o fator de emissão de CO<sub>2</sub> é de 520 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> para

um tempo de vida útil dos edifícios de 50 anos, foi considerado um fator de emissão de 10,4 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, já que os edifícios do IFMS\_AQ têm um ano de construção. Desse modo, levando-se em consideração as equações (2) e (3), calculou-se o total de CO<sub>2</sub> emitido, no valor de 62.923,54 KgCO<sub>2</sub> e da área verde necessária para a absorção do gás carbônico liberado correspondente aos edifícios, que é de 10,03565 ha.

## Consumo de Papel

Para o cálculo da PE relativa ao consumo de papel do IFMS\_AQ considerou-se dois seguimentos de consumidores, os servidores e os estudantes, sendo as informações sobre o consumo fornecidas pela Direção Administrativa do Instituto e dos formulários aplicados. Para a conversão da quantidade de folhas de papel A4 consumidas em Kg de CO<sub>2</sub> foram realizados os seguintes procedimentos: Cálculo da massa de cada folha: as dimensões de cada folha do papel A4 é de 21 cm x 29,5 cm e de acordo com o fabricante a gramatura é de 75g/m<sup>2</sup> em média e, portanto, a massa de cada folha é de 4,65 g; Cálculo da massa total, dada pelo produto do número total de folhas A4 pela massa de cada folha e; finalmente, a conversão para kgCO<sub>2</sub> com a utilização do fator de emissão de 1,84 KgCO<sub>2</sub>/kg (Quadro 2). A Tabela 2 apresenta o total de área verde (florestas plantadas), necessária para a absorção do gás carbônico emitido devido ao consumo de papel no Câmpus do IFMS\_AQ.

**Tabela 2:** Consumo total de papel pelos servidores e estudantes do IFMS\_AQ.

Segmentos	Quantidade (un)	Papel A <sub>4</sub> (folha)	Peso (Kg)	CO <sub>2</sub> (Kg)	(ha/ano)
<b>Servidores</b>	31	119.500	555,68	1.022,45	0,16307
<b>Técnico Integrado em Informática</b>	75	75.600	351,54	646,83	0,10316
<b>Técnico Integrado em Edificações</b>	99	99.792	464,03	853,82	0,13618
<b>Curso Superior em Sistemas para Internet</b>	32	32.256	150,00	276,00	0,04402
<b>Total</b>	<b>237</b>	<b>327.148</b>	<b>1.521,25</b>	<b>2.799,10</b>	<b>0,44643</b>

Foi possível identificar a frequência de uso do papel reciclado pelos docentes e pelos estudantes, onde 90% dos docentes utilizam até 25% de papel reciclado e os estudantes em sua maioria não fazem uso de nenhum tipo de papel reciclado. Quanto à solicitação de trabalhos e a disponibilização de materiais pelos professores, pode-se observar que somente 20% dos trabalhos são solicitados por meio digital enquanto que 60% dos materiais são disponibilizados neste mesmo formato. Considerando o consumo de papel total no IFMS\_AQ, encontrou-se uma Pegada Ecológica de 0,44643 hectares, ou seja 4.464,3 m<sup>2</sup>.

## Mobilidade e Transporte: Transporte de Veículos Oficiais da Instituição

O IFMS\_AQ conta com dois veículos oficiais que realizam o transporte dos servidores para as mais variadas atividades como reuniões, eventos, feiras científicas, congressos, entre outros.

Os dados de transporte fornecidos pela Direção Administrativa do Câmpus foi referente à quilometragem percorrida durante o período da pesquisa, num total de 43.482 Km, com o deslocamento ocorrido em média com 3 pessoas em cada veículo. Utilizando dados do Quadro 2, calculou-se que foram liberados 4.348,20 Kg de CO<sub>2</sub> pelos dois veículos oficiais e a área correspondente necessária para a absorção do mesmo, em torno de 0,69349 ha.

### Transporte da Comunidade Acadêmica

Com as respostas aos formulários aplicados, foi possível estimar a quantidade de CO<sub>2</sub> emitida por ano, bem como a área verde necessária a sua absorção, nos deslocamentos de ida e volta da comunidade acadêmica de suas residências ao Câmpus, feita em sua maioria por carros de passeio, motos e ônibus (Tabela 3).

**Tabela 3:** Mobilidade e transporte referentes a cada setor do IFMS\_AQ e a cada categoria de transporte, 2014.

Segmento	KgCO <sub>2</sub> / Km				Área verde (ha)
	Carro	Moto	Ônibus	Total	
Técnico em Informática	735,46	155,01	101,75	995,22	0,15873
Técnico em Edificações	748	118,66	268,95	1.135,61	0,18112
Curso em Sistemas Internet	231	113,96	298,10	643,06	0,10256
Docentes	74,80	12,32	154	241,12	0,03846
Técnicos Administrativos	1540,88	6,16	---	1.547,04	0,24674
<b>Total</b>	<b>3.330,14</b>	<b>406,11</b>	<b>822,80</b>	<b>4.562,05</b>	<b>0,72761</b>

A partir da aplicação dos formulários foi possível constatar que o meio de transporte mais utilizado é o carro, com cerca de 77% de servidores e 36% para estudantes, com uma pessoa. O total de hectares necessários para o transporte total do IFMS\_AQ foi obtido a partir da soma dos valores encontrados anteriormente, sendo constituído por transporte de veículos oficiais (0,69349) e transporte dos servidores e estudantes (0,72761), perfazendo um total para esse insumo foi de 1,42 hectares.

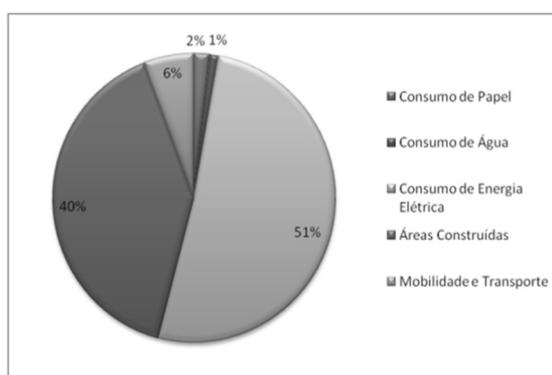
### Síntese Geral Sobre a Pegada Ecológica do IFMS\_AQ

A Tabela 4 apresenta uma síntese geral da Pegada Ecológica, em hectares, para todos os insumos trabalhados nesse estudo. O Gráfico 1 apresenta as contribuições de cada insumo para a Pegada Ecológica do IFMS\_AQ em porcentagens. O gráfico 2 apresenta os dados em hectares.

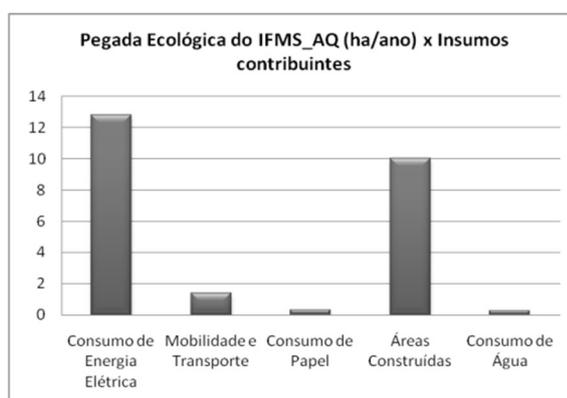
**Tabela 4:** Dados da Pegada Ecológica do IFMS\_AQ, considerando os parâmetros analisados.

Categoria	Emissões (KgCO <sub>2</sub> /ano)	Pegada Ecológica (ha/ano)	PE (gha/ano)
Consumo de Papel	2.799,10	0,44643	0,98661
Consumo de Água	1.588,5	0,25335	0,559904
Consumo de Energia Elétrica	80.283,36	12,80437	28,29766
Áreas Construídas	62.923,54	10,03565	22,17879

Mobilidade e Transporte	8.910,25	1,42110	3.140631
<b>Total</b>	<b>156.504,75</b>	<b>24,9609</b>	<b>55.16359</b>



**Gráfico 1:** Percentual de cada insumo para a PE do IFMS\_AQ



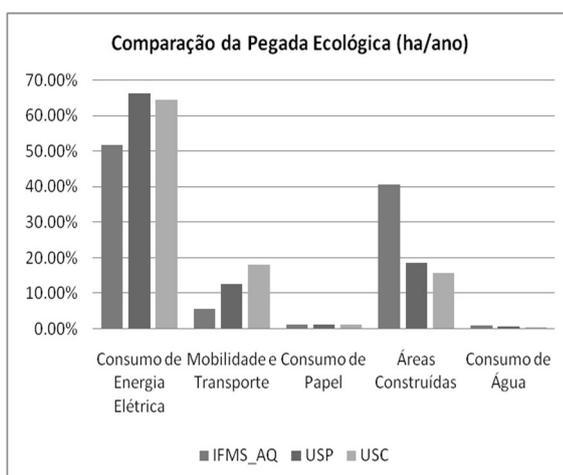
**Gráfico 2:** Gráfico dos dados da Pegada Ecológica em hectares por ano do IFMS\_AQ.

Dados os valores totais da Pegada Ecológica para o Câmpus Aquidauana e considerando que 237 pessoas participaram desse estudo, foi calculado a PE *per capita*, resultando em um valor de 0,10 ha/pessoa/ano. Comparando esse valor com os dados da USP de São Carlos 0,19 ha/pessoa/ano, (PHILIPPI & MALHEIROS, 2013) e ainda com os valores encontrados para cada parâmetro estudado na Universidade de Santiago da Compostela, 0,13 ha/pessoa/ano, (PHILIPPI, 2013) temos o Quadro 4 com a apresentação desses resultados.

**Quadro 4:** Resultados comparativos da Pegada Ecológica para o IFMS\_AQ, USP e USC.

CATEGORIA	PEGADA ECOLÓGICA (ha/ano)		
	IFMS_AQ	USP	USC
Consumo de Energia Elétrica	12,80	1.027,49	3.285,49
Mobilidade e Transporte	1,42	197,34	917,07
Consumo de Papel	0,45	18,39	69,90
Áreas Construídas	10,04	288,17	802,03
Consumo de Água	0,25	12,88	27,14
<b>TOTAL</b>	<b>24,96</b>	<b>1.554,27</b>	<b>5.101,62</b>
População	237	8.023	32.600
<b>Total por pessoa</b>	<b>0,10</b>	<b>0,19</b>	<b>0,16</b>

O gráfico 3: apresenta uma comparação da Pegada Ecológica em hectares por ano, entre as três Instituições de Ensino.



**Gráfico 3:** Comparação dos insumos contribuintes para a Pegada Ecológica do IFMS\_AQ, USP e USC com base na matriz energética espanhola.

## DISCUSSÃO

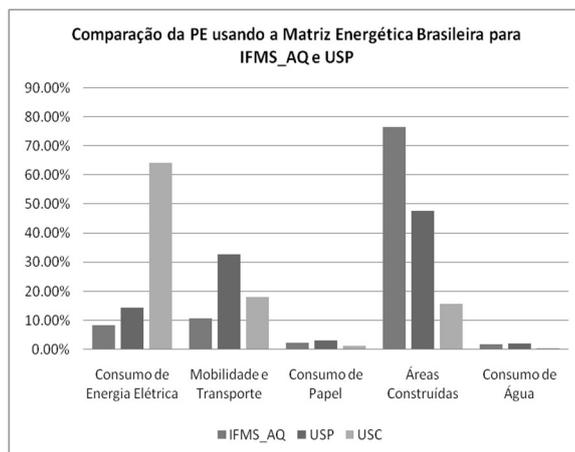
A partir dos resultados encontrados, pode-se observar que o fator que mais contribui para a Pegada Ecológica do Câmpus Aquidauana é o Consumo de Energia Elétrica, representando 51,30% do total. No cenário mundial, segundo a Matriz Energética n. 2030, (MME, 2014), a geração de Energia Hidroelétrica atualmente é responsável por cerca de 19% da oferta elétrica, sendo que as outras formas de energias renováveis ainda é diminuta.

O Brasil, dentro deste contexto, faz parte do grupo de países em que possui a concentração da geração de energia em Usinas Hidrelétricas com 37,9% em petróleo e derivados, 32% em biomassa, 15,2% em hidráulica e eletricidade. Portanto, adequando o fator de conversão utilizado para os parâmetros da Matriz Energética Brasileira, temos de acordo com o Ministério da Ciência e Tecnologia que o fator de emissão adotado deve ser 0,0484 tCO<sub>2</sub>/MWh. Portanto, teríamos uma redução de 91,5% de contribuição desse parâmetro (de 12,80 ha/ano para 1,09 ha/ano) e nesse cenário o fator de maior contribuição para a PE passa a ser as áreas construídas e em seguida, o transporte e a mobilidade. O quadro 5 apresenta os novos dados comparativos entre os três Câmpus Educacionais: IFMS\_AQ, USP e USC.

**Quadro 5:** Resultados da Pegada Ecológica utilizando os fatores de emissão de acordo com matriz energética brasileira.

CATEGORIA	PEGADA ECOLÓGICA (ha/ano)		
	IFMS_AQ	USP	USC
Consumo de Energia Elétrica	1,09	87,25	3.285,49
Mobilidade e Transporte	1,42	197,34	917,07
Consumo de Papel	0,45	18,39	69,90
Áreas Construídas	10,04	288,17	802,03
Consumo de Água	0,25	12,88	27,14
<b>TOTAL</b>	<b>13,25</b>	<b>604,03</b>	<b>5.101,62</b>
População	237	8.023	32.600
Total por pessoa	0,06	0,08	0,16

O gráfico 4 apresenta a comparação das três Instituições Acadêmicas utilizando os fatores de emissão com base na matriz energética brasileira para IFMS\_AQ e USP e a matriz energética espanhola para a USC. Pode-se observar que com a modificação do fator de conversão utilizado para a categoria de energia elétrica, o valor total da Pegada Ecológica para o IFMS Câmpus Aquidauana é reduzido drasticamente, necessitando de cerca de 22 vezes sua área construída e 2 vezes sua área total. Comparando com os resultados encontrados nos estudos realizados para a USP de São Carlos, pode-se afirmar que o IFMS\_AQ é menos impactante que a USP, nos parâmetros observados.



**Gráfico 3:** Dados percentuais das contribuições de cada parâmetro analisado para a Pegada Ecológica do IFMS\_AQ e USP utilizando o fator de emissão adequado na matriz energética brasileira e da USC utilizando a matriz energética espanhola.

Analisando esse contexto, e salientando que a Pegada Ecológica em relação as áreas construídas é um dado que para ser alterado demanda de um longo prazo, e que ainda, esse fator deve ser levado em consideração no planejamento das futuras ampliações da sede, o presente estudo aponta que o fator de maior impacto é referente à mobilidade e ao transporte. Foi possível verificar que a mobilidade contribui cerca de 11% para o impacto ambiental gerado decorrente ao elevado número de deslocamentos realizados principalmente de carro. Dessa forma, a atuação nesse quesito deve receber grande foco e priorização para diminuir a Pegada Ecológica dos Institutos Tecnológicos de Ensino, Pesquisa e Extensão. No que tange ao Câmpus Aquidauana, poderiam ser priorizados os incentivos de ações para uma mobilidade diferente da atual por meio do uso de bicicletas, ou ainda, na implantação de uma linha de transporte coletivo que favorecesse esse deslocamento, uma vez que o município não dispõe desse serviço.

Com relação ao consumo de água, apesar de não ter sido um fator de destaque na contribuição da Pegada Ecológica, deve ser sempre bem vinda campanhas institucionais e práticas que incentivem continuamente a diminuição de seu uso e desperdício, que podem ser implantadas através da instalação de equipamentos e coeficientes e monitoramento de toda a rede para se evitar vazamentos. Constatou-se que após a análise do fator de contribuição relativo ao consumo de papel, algumas medidas simples podem ser adotadas tanto institucionalmente quanto para a comunidade estudantil, como a impressão frente e verso de forma obrigatória,

aquisição de papel reciclado ao invés de papel constituído de fibra virgem e a criação de algumas medidas logísticas de documentos digitais e formulários eletrônicos ao invés de impressos e ainda informatização de processos.

Um plano de ação para o consumo de energia, independente do fator de conversão considerado, é um parâmetro que merece destaque nesse artigo, como dito anteriormente, contribuiu de forma efetiva com a PE do IFMS\_AQ. Nesse contexto, algumas ações podem ser feitas, como o fortalecimento dentro do campus de um Programa para o uso eficiente de energia e uma maior sensibilização da comunidade em relação ao desperdício. Focando em fontes alternativas como solar e eólica para geração de energia, para tal deve haver um estudo maior para verificar qual a melhor alternativa. Cabe salientar que todos os insumos e seus fatores de emissão obtidos da Pegada Ecológica, foram obtidos por meio da utilização da taxa de absorção de 6,27 tCO<sub>2</sub>/ha/ano, para florestas ainda não consolidadas e que essa taxa pode variar ainda de 1,6 a 6,5 tCO<sub>2</sub>/ha/ano (WACKERNAGEL & REES, 1996), de acordo com a realidade e a região que se pretende estudar.

De acordo com o Relatório Planeta Vivo de 2012, os estudos já demonstravam que a demanda da população mundial por recursos naturais eram superiores à capacidade do planeta em renová-los. A natureza é explorada de forma irracional, o que gera um esgotamento dos recursos capitais naturais de forma exponencial e resulta numa breve disputa que será desencadeada caso essa situação não seja revertida com a mudança nos padrões excessivos de consumo. No IFMS\_AQ, cada pessoa da comunidade acadêmica necessita de 0,10 ha/pessoa/ano e se comparado com a média global que é de 2,4 ha/pessoa/ano (RELATÓRIO PLANETA VIVO, 2012), pode-se aparentemente afirmar ser um número relativamente baixo, entretanto é significativo pois corresponde a 4% dessa média e se levar em conta o espaço temporal que uma pessoa permanece no Câmpus onde, os docentes possuem dedicação exclusiva, os técnico administrativos trabalham 40 horas semanais e os estudantes permanecem de 5 a 7 horas na sede desenvolvendo atividades educacionais, de ensino, pesquisa, extensão e inovação, pode-se concluir que é um valor preocupante e que precisa ser repensado através de políticas de gestão que primam a diminuição do consumo e a adequação do descarte ou aproveitamento de resíduos gerados no estabelecimento.

## CONCLUSÕES

Por fim, o método da Pegada Ecológica pode parecer bastante complexo se forem detalhados todos os itens de consumo e resíduos gerados para o cálculo do indicador, entretanto, com os parâmetros selecionados pode-se obter uma estimativa da magnitude do impacto ambiental gerado por uma Instituição Tecnológica, cujas atividades precisam ser emergencialmente reestruturadas para atenderem aos limites ambientais permitidos e conscientizar a população local e entorno da importância da mudança de atitudes. Estudos futuros

pretendem ser desenvolvidos para abordar o uso de indicadores ambientais no meio das Instituições Tecnológicas, com a ampliação desse processo para todos os campi do IFMS, assim como a obtenção e implantação de um sistema de coleta de base de dados para o monitoramento e divulgação científica dos impactos gerados, como também das iniciativas mais efetivas para alcançar a sustentabilidade.

Pretende-se, também, inserir mais parâmetros com a abrangência da aplicação dos formulários em todos os Câmpus do IFMS com o intuito de possibilitar a construção de indicadores mais robustos, implantar políticas públicas de gestão ambiental no meio acadêmico e criar uma base de dados para que se possa acompanhar a Pegada Ecológica dentro de uma Instituição de Ensino Tecnológico e Inovação.

## REFERÊNCIAS

- ALBA, D.. **Análisis de los procesos de gestión y educación para la sostenibilidad en las universidades públicas españolas**. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2006.
- ALVARENGA, R. A. F.. **Avaliação de métodos de AICV**: Um estudo de caso de quatro cenários de ração para frango de corte. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- CIDIN, R. C. P. J.; SILVA, R. S.. Pegada Ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. **Revista Eletrônica de Geografia**, Rio Claro, n.2, p.43-52, 2004.
- HARDI, P.; BARG, S.. **Measuring Sustainable Development: Review of Current Practice**. Winnipeg: IISD, 1997.
- KUZYK, L. W.. The ecological footprint housing component: a geographic information system analysis. **Ecological Indicators**, Canadá, n.2, p.31-39, 2012.
- MADURO-ABREU, A. et al. Os limites da Pegada Ecológica. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Brasília, n.2, p.73-87, 2009.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M.. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5 ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.
- MME. Matrizes energéticas do Brasil.**
- OLALLA-TARRAGA, M. A.. **Indicadores de sostenibilidad y huella ecológica**: Aplicación a la UAM. Buenos Aires: Proyecto de Fin de Carrera de la Licenciatura de Ciencias Ambientales, 2003.
- OTERO, G. G. P.. **Gestão Ambiental em Instituições de Ensino Superior: práticas dos campi da Universidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- PHILIPPI JR, A.; MALHEIROS, T. F.. **Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental**. 1 ed. São Paulo: Manole Ltda. 2013.
- QUIROGA, R. M.. **Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible**: estado del arte y perspectivas. Publicación de las Naciones Unidas. Santiago de Chile: Serie Manuales nr, 2001.
- PEREIRA, L. G.. **Síntese dos Métodos de Pegada Ecológica e Análise Emergética para Diagnóstico da Sustentabilidade de Países**: O Brasil como estudo de caso. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- PON, D. et al. **Análisis preliminar de la huella ecológica en España**. Madri: Ministerio de Medio Ambiente, 2007.

RODRÍGUEZ, R. L.; IGLESIAS, J. L. T.; ÁLVAREZ, N. L.. **Impacto Ambiental em Centros da Universidade de Santiago de Compostela**. Madrid: Vicereitoria de Calidade e Planificación, 2008.

VAN BELLEN, H. M.. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: FGV, 2005.

WACKERNAGEL, M.; REES, W.. **Our Ecological Footprint**. New Society Publishers: Gabriola Island, BC and Stony Creek, 1996.

WACKERNAGEL, M.; REES, W.. **Our Ecological Footprint**. Island: New Society Publishers, 2007.

WACKERNAGEL, M. et al. Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges. **Land Use Policy**. Vienna, n.2, p.271-278, 2004.