



Informativo: Materiais Sustentáveis

Fundo Verde de Desenvolvimento e Energia para
a Cidade Universitária da Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Sumário

1. Ficha Técnica	3
2. Glossário	4
3. Introdução	7
4. Diagnóstico Atual	9
3.1 - Parte I - Ciclovias na Cidade Universitária.....	9
3.2 - Parte II – Espaço de Convivência e Alimentação no Parque Tecnológico	11
3.3 –Parte III - Estacionamento para o Complexo CT-2.....	12
5. Justificativa	12
6. Iniciativas do Fundo Verde	14
7. Metodologia da avaliação do ciclo de vida modular (ACV-m)	23
6.1 - Fator de emissão de CO₂ e energia incorporada dos insumos	27
6.1.1 - Eletricidade e Combustíveis.....	27
6.1.2 - Matérias-Primas	28
6.2 - Estimativa de combustível pelo transporte das matérias-primas	29
6.3 - Cálculo dos indicadores	30
6.3.1 - Indicador de Consumo de Energia	30
6.3.1.1 – Transporte.....	31
6.3.1.2 – Materiais.....	31
6.3.1.3 – Fábrica.....	32
6.3.2 - Indicador de emissão de CO ₂	33
6.3.2.1 – Transporte.....	33
6.3.2.2 – Materiais.....	33
6.3.2.3 – Fábrica.....	34
6.3.3 - Indicador do consumo de água.....	34
6.3.4 - Indicador de geração de resíduos	35
8. Próximos Passos	36
9. Referências Bibliográficas	38

1. Ficha Técnica

Coordenação Fundo Verde – UFRJ

Profª Suzana Khan

Andréa Santos

Equipe Técnica do Fundo Verde – UFRJ

Elizabeth Lima

Equipe Técnica do NUMATS/COPPE/UFRJ

Prof. Romildo Dias Toledo Filho

Adriana Paiva de Souza Martins

Aline Ferreira de Souza

Anna Carolina de Paula Sermarini

Clarice Sipres

Oscar Mendoza Reales

Raphael Rodrigues de Paula

2. Glossário

Acessibilidade: possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para a utilização com segurança e autonomia de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos;

Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida;

Categoria de impacto: classe que representa as questões ambientais relevantes às quais os resultados da análise do inventário do ciclo de vida podem ser associados;

Avaliação do Ciclo de Vida Modular (ACV-m): é uma ACV que trabalha com aspectos ambientais mais críticos, mantendo a sincronia com o método da ACV tradicional. A redução do escopo dos aspectos ambientais tem como objetivo obter resultados de forma mais rápida e simplificada, para facilitar a utilização como ferramenta de gestão;

Brita zero: agregado resultante da britagem de rocha, cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 12,5 mm e ficam retidos na peneira de malha de 4,75 mm. Também denominado de pedrisco;

Ciclo de Vida: estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou de sua geração a partir de recursos naturais até a disposição final;

Concreto drenante: concreto com coeficiente de permeabilidade alto (maior que 10^{-3} m/s), favorecendo o fluxo de água através de seu sistema de poros;

Contenção: São guias de concreto que servem para confinar o piso intertravado e funcionam como marcadores de cotas de níveis e alinhamentos;

Deficiência: redução, limitação ou inexistência das condições de percepção das características do ambiente ou de mobilidade e de utilização de edificações, espaço, mobiliário, equipamento urbano e elementos, em caráter temporário ou permanente;

Desenho universal: aquele que visa atender à maior gama de variações possíveis das características antropométricas e sensoriais da população;

Drenagem: é um sistema composto por estruturas e instalações destinadas ao transporte, retenção, tratamento e disposição final das águas das chuvas;

Fronteira do Sistema: conjunto de critérios que especificam quais processos elementares fazem parte de um sistema de produto;

Indicador de categoria de impacto: representação quantificável de uma categoria de impacto;

Intertravamento: capacidade dos blocos resistirem a movimentações (horizontais, verticais, rotacionais e giracionais). A resistência à movimentação é proporcionada por elementos de contenção;

Inventário do Ciclo de Vida (ICV): fase que envolve a compilação e quantificação das entradas e saídas de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida;

LED: *Light Emitting Diode* (Diodo Emissor de Luz);

Pavimento intertravado: pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de fundação seguida de uma camada de revestimento constituída por blocos de concreto pré-fabricados, justapostos, rejuntados e intertravados. Os blocos de concreto são também denominados de pavers ou bloquetes;

Pedrisco: agregado resultante da britagem de rocha, cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 12,5 mm e ficam retidos na peneira de malha de 4,75 mm. Também denominado de brita zero;

Percolação ou Infiltração: É o processo pelo qual a água penetra nas camadas superficiais do pavimento, se movendo para baixo através dos vazios da estrutura pela ação da gravidade, até atingir o solo ou uma camada impermeável, podendo alimentar um lençol d'água ou ser drenado;

Permeável: que pode ser permeado. Permite a percolação (infiltração) de água;

Pessoa com mobilidade reduzida: aquela que, temporária ou permanentemente, tem limitada sua capacidade de relacionar-se com o meio e de utilizá-lo. Entende-se por pessoa com mobilidade reduzida a pessoa com deficiência, idosa, obesa, gestante, entre outros;

Piso tátil: piso caracterizado pela diferenciação de textura em relação ao piso adjacente, destinado a constituir alerta ou linha guia, perceptível por pessoas com deficiência visual;

Pó de pedra: material granular resultante da britagem de rocha, que passa na peneira de 6,3 mm;

Produto: qualquer bem ou serviço;

RCD: Resíduo de construção e demolição;

Recursos assistivos: conjunto de técnicas, aparelhos, instrumentos, produtos e procedimentos que visam auxiliar a mobilidade, percepção e utilização do meio ambiente e dos elementos por pessoas com deficiência;

Unidade Funcional: desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como uma unidade de referência. No caso do pavimento em blocos intertravados a unidade funcional adotada será o m².

3. Introdução

O Fundo Verde – UFRJ

O Fundo Verde de Desenvolvimento e Energia para a Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro foi instituído pelo Decreto nº 43.903 de outubro de 2012 e resulta de uma parceria entre o Governo do Estado do Rio de Janeiro, a Light e a UFRJ. Esse Decreto isenta a Universidade do ICMS (Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação) da conta de luz da Cidade Universitária, para que o recurso seja investido em projetos de infraestrutura sustentável nos setores de geração e racionalização do uso de energia e água no Campus, assim como projetos de mobilidade urbana. Os projetos do Fundo Verde começaram a ser estruturados na metade do ano de 2013, e a sua sede situa-se no Parque Tecnológico, situado na Rua Paulo Emídio Barbosa, 485, Cidade Universitária.

A Cidade Universitária, com cerca de cem mil pessoas circulando diariamente nas diversas unidades distribuídas ao longo de seus 5,2 km² de extensão, será transformada em um laboratório vivo de práticas sustentáveis, e alcançará uma posição de destaque no ranking das universidades mais sustentáveis do país. As ações do Fundo Verde poderão incluir parcerias com outras instituições de ensino, com estatais e com empresas privadas, visando a troca de experiências e a viabilização das diversas iniciativas.

O NUMATS – UFRJ

O NUMATS (Núcleo de Ensino e Pesquisa em Materiais e Tecnologias de Baixo Impacto Ambiental na Construção Sustentável), integra o Laboratório de Materiais de Construção do Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica da UFRJ e o Laboratório de Estruturas e Materiais do Programa de Engenharia Civil da COPPE, e tem como objetivo o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a materiais, componentes, tecnologias e sistemas construtivos de baixo impacto ambiental, associados principalmente ao uso de matérias primas naturais e renováveis e ao aproveitamento de resíduos (sólidos urbanos, de construção e demolição, industriais e agroindustriais). O NUMATS está instalado no Prédio do Centro de Tecnologia, situado na Avenida Athos da Silveira Ramos, 149, Bloco I – 110.

A sinergia entre os projetos desenvolvidos pelo Fundo Verde e as pesquisas desenvolvidas pelo NUMATS resultaram em uma parceria no sentido de incorporar cada vez mais o uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental na Cidade Universitária, de modo a refletir um momento de maior preocupação e comprometimento institucionais com as questões relacionadas à sustentabilidade dos ambientes e infraestruturas construídos. A parceria NUMATS – Fundo Verde tem como primeira iniciativa piloto a implantação de uma ciclovia no Parque Tecnológico, situado no Campus da UFRJ na Ilha do Fundão.

A escolha do Parque Tecnológico como local de implantação da ciclovia deveu-se ao fato de ser um espaço propício e acolhedor em relação a experiências inovadoras, capaz de abrigar intervenções em uma escala menor, que poderão posteriormente serem ampliadas e disseminadas para outros pontos da Cidade Universitária. Deveu-se também ao fato do Parque apresentar atualmente um trecho de ciclovia já implantada de pequena extensão (cerca de 950 m²), com necessidade de aumento dessa área.

O Projeto Urbanístico da ciclovia ficou a cargo da Equipe de Projetos de Arquitetura do Parque Tecnológico. A referida Equipe, após estudar várias alternativas de pavimentação, optou pela utilização de piso intertravado de concreto, em função das boas características de resistência, durabilidade, manutenibilidade, trafegabilidade, permeabilidade, facilidade de instalação e custo, dentre outras, comparativamente aos pavimentos asfálticos, aos pavimentos em concreto armado e aos pavimentos em concreto drenante.

O Projeto foi desenvolvido em consonância com as diretrizes gerais para construções na área do Parque, aprovadas pelo Conselho Diretor, prevendo uma área total de ciclovia de cerca de 3.928 m².

A Ciclovia será implantada em três etapas, com áreas pavimentadas de cerca de 1.405 m², 1.240 m² e 1.283 m² em cada uma das etapas. A primeira etapa será em blocos intertravados de concreto obtidos no mercado, a segunda será em blocos intertravados mais sustentáveis, otimizados em relação aos convencionais do mercado no aspecto de desempenho ambiental e a terceira manterá o mesmo material da segunda etapa, podendo eventualmente incorporar ajustes no traço (caso haja necessidade). Pretende-se manter uma unidade em relação à tipologia dos materiais utilizados nas três etapas construtivas, seguindo os princípios gerais de urbanização praticados na área do Parque Tecnológico.

A partir dessa experiência piloto serão obtidos indicadores ambientais que poderão subsidiar intervenções de mesma natureza na Cidade Universitária, como por exemplo pavimentação de estacionamentos, calçadas, vias de circulação e pátios.

O plano diretor da UFRJ (aprovado pelo Conselho Universitário em 05/11/2009) propõe o fortalecimento do transporte ativo através de bicicletas como opção de transporte interno para pequenas e médias distâncias. A topografia plana, a necessidade de uma maior integração entre as várias unidades acadêmicas (dispostas de forma fragmentada e distante umas das outras) e as vantagens ambientais e econômicas dessa modalidade de transporte contribuem favoravelmente para esse tipo de solução.

4. Diagnóstico Atual

3.1 - Parte I - Ciclovias na Cidade Universitária

A Cidade Universitária da UFRJ, concebida nas décadas de 40 e 50 sob a influência da arquitetura moderna, se consolidou como um espaço desintegrado, não densamente ocupado, no qual se distribuem edificações com pouca interconexão e distantes umas das

outras. O transporte interno e externo sempre foi apontado como um dos principais problemas do Campus Universitário. As ciclovias existentes (aproximadamente 7,5 km de extensão) não obtiveram uma grande receptividade por parte da comunidade universitária em função das dificuldades existentes para chegada das bicicletas à Cidade Universitária, do pequeno número de bicicletários e da ausência de um sistema de bicicletas compartilhadas. Esta realidade contrapõe-se ao Plano Diretor de Desenvolvimento da Cidade Universitária, o qual prevê o fortalecimento do transporte coletivo motorizado e do transporte cicloviário para interligação das diversas unidades acadêmicas e das edificações complementares.

A expansão da malha cicloviária da UFRJ será em pavimento intertravado, o qual é composto por peças pré-moldadas de concreto, assentadas sobre uma camada de areia, posteriormente niveladas e compactadas. No Brasil, o emprego de *pavers* em pavimentação começou na década de 70, com fabricação artesanal. Atualmente, equipamentos de alta tecnologia permitem produzir peças de excelente qualidade, com diferentes formas, cores e texturas, ou seja, esteticamente mais atrativas do ponto de vista arquitetônico e paisagístico, uma vez que a sinalização poder ser incorporada ao pavimento.

Dentre as inúmeras vantagens oferecidas por este tipo de pavimento estão a resistência, a durabilidade, as propriedades antiderrapantes, a variedade de dimensões, formas e cores e a possibilidade de pré-fabricação dos elementos. É considerado o mais indicado para pavimentação de áreas externas (passeios, calçadões, pátios de estacionamento e de armazenamento, ciclovias, ruas, dentre outros). Em relação à etapa de execução, pode ser instalado com rapidez (em função da modulação das peças) sem necessidade de mão de obra especializada, permite obras de manutenção e infraestrutura sem a necessidade de quebras do piso, e pode ser liberado para o tráfego logo após o término da obra.

3.2 - Parte II – Espaço de Convivência e Alimentação no Parque Tecnológico

O Parque Tecnológico do Rio de Janeiro (Figura 1), com cerca de 350.000 m², consolidou-se ao longo de quase 2 décadas como um espaço de polarização de empresas de base tecnológica de alta qualificação, com atuação em pesquisa, desenvolvimento e/ou produção de bens e serviços. Essas empresas atuam de forma integrada com a comunidade acadêmica, tendo como base o empreendedorismo, a inovação, a experimentação e a transferência de tecnologia. Apesar de dotado de adequada infraestrutura em termos de mobilidade, malha viária, áreas de estacionamento, áreas verdes e equipamentos urbanos, o Parque ainda não dispõe de um espaço aberto e ao ar livre, cuja concepção favoreça o lazer, a contemplação e a convivência dos seus usuários (trabalhadores, prestadores de serviço, visitantes, dentre outros). A região da Orla apresenta grande potencialidade para esse tipo de uso, porém necessita de um tratamento arquitetônico e paisagístico para a sua adequação.



Figura 1 – Parque Tecnológico do Rio de Janeiro.
Fonte: Equipe de Projetos de Arquitetura do Parque Tecnológico.

3.3 –Parte III - Estacionamento para o Complexo CT-2

O complexo CT-2, conjunto de edificações resultantes da expansão do Centro de Tecnologia, situado na Rua Moniz Aragão, Cidade Universitária, ainda não dispõe de área de estacionamento devidamente pavimentada e iluminada, conforme ilustrado na Figura 2. Tendo em vista a importância do Complexo, o grande número de usuários e as demandas futuras relativas às edificações ainda não construídas, torna-se necessário a melhoria da infraestrutura com a pavimentação e a iluminação da referida área, propiciando melhor acabamento e maior conforto aos usuários.

O Projeto de urbanização da área de estacionamento do Complexo CT-2 foi desenvolvido pelo Setor de Projetos de Arquitetura da COPPE/UFRJ, e prevê a pavimentação (7.425 m² de piso em pó de pedra, 2.210 m² de piso em blocos intertravados, 2.147 m² de piso em concreto drenante), o tratamento paisagístico, a iluminação com lâmpadas de LED, o cercamento e a sinalização adequada do local.



Figura 2: Área de estacionamento do Complexo CT-2: piso em terra batida e ausência de iluminação.

5. Justificativa

A universidade desempenha um papel de liderança no caminho para o desenvolvimento sustentável, uma vez que todas as iniciativas e ações implementadas na área ambiental servirão de exemplo e terão um efeito multiplicador, promovendo uma maior conscientização de seu corpo social e disseminando a cultura da sustentabilidade para outros universos que extrapolam suas fronteiras geográficas.

No campo da construção civil, as intervenções realizadas na Cidade Universitária no âmbito de novas edificações, de reformas, de obras de manutenção e de obras de infraestrutura representam uma oportunidade de utilização dos conceitos de ecoeficiência tais como: (i) reuso da água, (ii) uso de materiais de menor impacto ambiental; (iii) sistemas fotovoltaicos para obtenção de energia elétrica; (iv) fachadas e coberturas com otimização da iluminação e ventilação naturais, (v) sombreamento para redução dos gastos com condicionamento de ar, (vi) sistemas de iluminação com menor consumo energético, (vii) tratamento dos efluentes químicos e orgânicos antes do descarte na rede pública, (viii) aquecimento da água através de energia solar, (ix) controle de insolação excessiva através de brises, (x) pisos drenantes nas áreas externas, dentre outros.

Como exemplo, todas as novas edificações construídas nos últimos anos incorporam em maior ou menor grau os princípios acima. A Figura 3 corresponde ao Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais (IVIG), que utilizou tijolos e telhas ecológicas na alvenaria e cobertura, respectivamente, e concreto de baixo impacto ambiental (incorporando resíduos de tijolo cerâmico) na sua estrutura.



Figura 3 – Prédio do IVIG (Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais), Cidade Universitária.

As iniciativas de sustentabilidade na construção civil dentro da Cidade Universitária precisam avançar no sentido de fornecer indicadores que possam traduzir quantitativamente a eficiência ambiental das intervenções feitas e subsidiar futuras tomadas de decisão e diretrizes para a melhoria contínua dos processos (associados a essas intervenções). A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta que tem sido bastante usada para aumentar a sustentabilidade na construção civil. Essa metodologia possibilita a identificação dos impactos ambientais mais relevantes e a quantificação desses impactos.

O Fundo Verde em parceria com o NUMATS iniciam de forma pioneira a utilização da Análise do Ciclo de Vida como ferramenta de gestão ambiental para identificar e quantificar aspectos ambientais mais relevantes na área da construção civil no Campus Universitário. O escopo do trabalho será descrito com mais detalhes no item a seguir, intitulado “Iniciativas do Fundo Verde”.

6. Iniciativas do Fundo Verde

A primeira iniciativa do Fundo Verde em parceria com o NUMATS terá como objetivo a quantificação de indicadores de desempenho ambiental (consumo de matérias-primas, energia e água; emissões de CO₂ e geração de resíduos) em uma aplicação prática consistindo na construção de uma ciclovia no Parque Tecnológico.

O projeto será desenvolvido em três etapas. A primeira etapa visa avaliar o desempenho ambiental dos concretos disponíveis no mercado para produzir pavimento intertravado e mobiliário urbano. O resultado dessa avaliação será utilizado como linha de base. Na etapa seguinte, pretende-se reduzir os impactos ambientais dos concretos usados através do desenvolvimento de pré-moldados com insumos de melhor desempenho técnico e ambiental. Por fim, na terceira etapa, deverão ser fabricados protótipos de piso intertravado e mobiliário urbano em escala real, os quais serão instalados no campus da UFRJ.

A primeira etapa utilizará blocos de concreto intertravados e elementos de mobiliário urbano, produzidos comercialmente a partir de matérias primas convencionais (cimento, pó de pedra, areia natural e pedrisco (também denominado brita zero)).

Na segunda etapa serão introduzidas modificações na seleção de matérias primas, incorporando resíduos industriais e resíduos de construção e demolição (RCD) na produção dos blocos de concreto intertravados, de forma a se obter uma melhoria tanto técnica, quanto no desempenho ambiental dos concretos usados para produzir os elementos pré-moldados.

Na terceira etapa, serão desenvolvidos dois tipos protótipos de pré-moldados de baixo impacto ambiental em escala real: (i) um pavimento intertravado com propriedades drenantes, e (ii) elementos de mobiliário urbano tais como abrigos para pontos de ônibus, bancos, dentre outros.

As avaliações de desempenho em escala real serão feitas em três grandes obras de infraestrutura na Ilha do Fundão: a ciclovia no Parque Tecnológico da Cidade Universitária, o estacionamento do Complexo CT-2 e o Espaço de Convivência e Alimentação na orla do Parque Tecnológico da Cidade Universitária (Figuras 4 a 13).

Serão construídos aproximadamente 18.000 m² de pavimento e espaço público, dos quais uma parte poderá ser construída com os diferentes pré-moldados de baixo impacto ambiental desenvolvidos pelo NUMATS. A produção dos pré-moldados será feita por um parceiro industrial com capacidade instalada compatível com o volume de peças necessário à construção das obras. O parceiro industrial será escolhido dentro das empresas produtoras de blocos de concreto do estado do Rio de Janeiro, contando com a ajuda do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE).

As Figuras 4, 5 e 6 ilustram o local onde será construída a ciclovia no Parque Tecnológico. Nas Figuras 7 e 8 indica-se o local de construção do estacionamento do complexo CT-2. As Figuras 10, 11 e 12 correspondem ao local de implantação do Espaço de Convivência e Alimentação na Orla do Parque Tecnológico. As Figuras 9 e 13 ilustram o Projeto do Estacionamento do Complexo CT-2 e o Projeto do Espaço de Convivência e Alimentação na orla do Parque Tecnológico.



Figura 4 – Local de implantação da ciclovia no Parque Tecnológico da Cidade Universitária. Nesse trecho, a ciclovia será construída sobre o canal de drenagem.



Figura 5 – Local de implantação da ciclovia no Parque Tecnológico da Cidade Universitária.

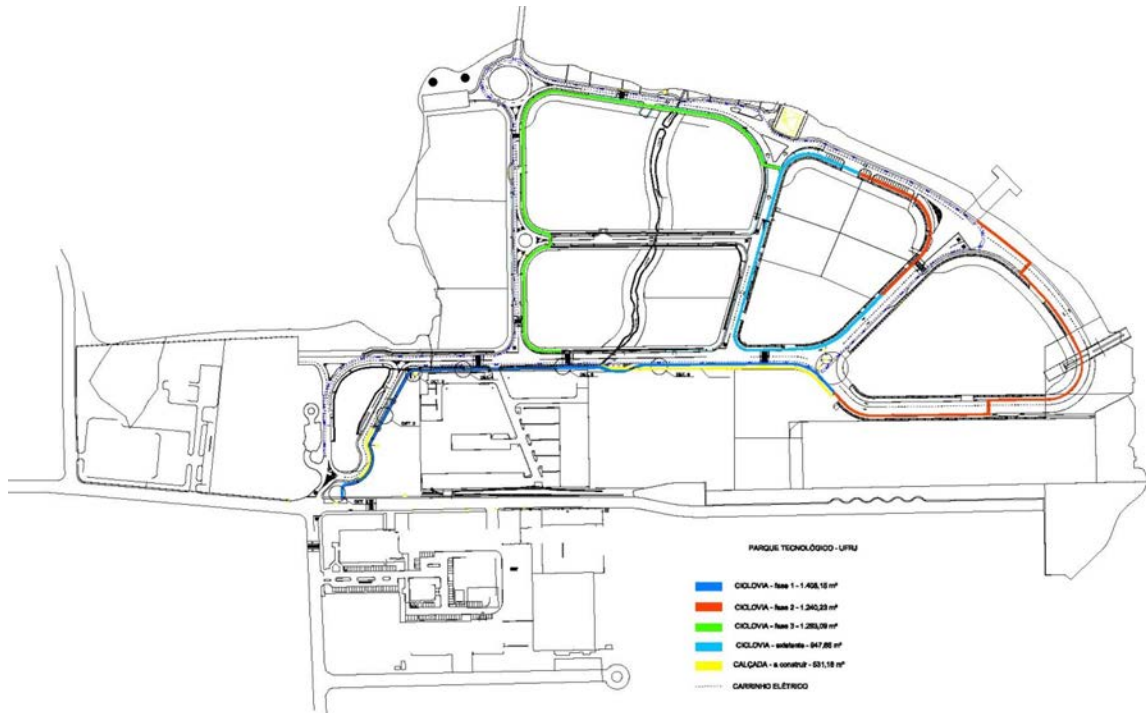


Figura 6 – Planta de situação e localização das ciclovias no Parque Tecnológico.
Fonte: Equipe de Projetos de Arquitetura do Parque Tecnológico.



Figura 7 – Local de implantação do estacionamento do Complexo CT-2.

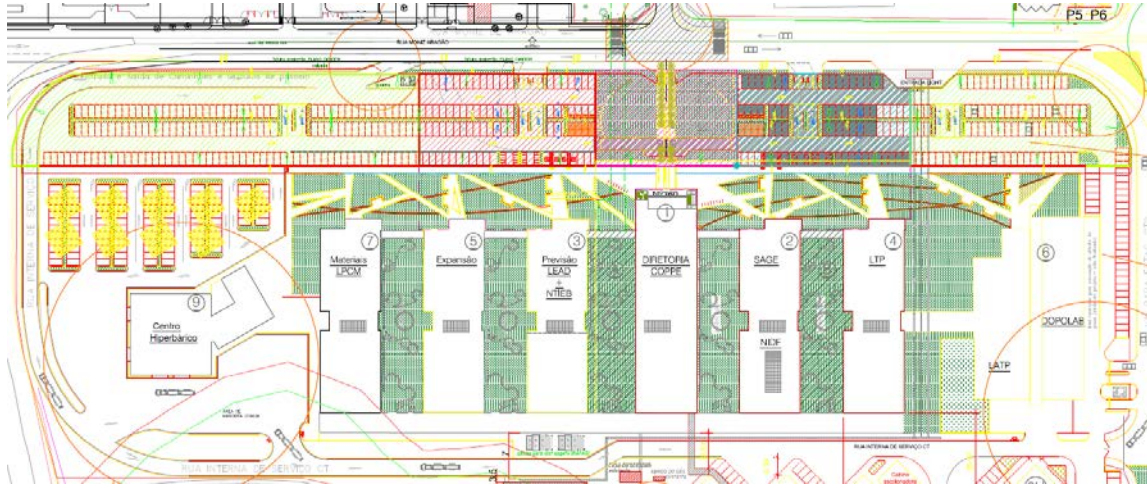


Figura 8 – Planta de situação e localização do estacionamento do Complexo CT-2.
Fonte: Arquiteta Fernanda Metello, Setor de Projetos de Arquitetura da COPPE/UFRJ.



Figura 9 (a) (b) e (c) – Imagens do estacionamento do Complexo CT-2. Fonte: Arquiteta Fernanda Metello, Setor de Projetos de Arquitetura da COPPE/UFRJ.



Figura 10 – Local de implantação do Espaço de Convivência e Alimentação na orla do Parque Tecnológico da Cidade Universitária.
Fonte: Equipe de Projetos de Arquitetura do Parque Tecnológico.



Figura 11 – Local de implantação do Espaço de Convivência e Alimentação na orla do Parque Tecnológico da Cidade Universitária.
Fonte: Equipe de Projetos de Arquitetura do Parque Tecnológico.

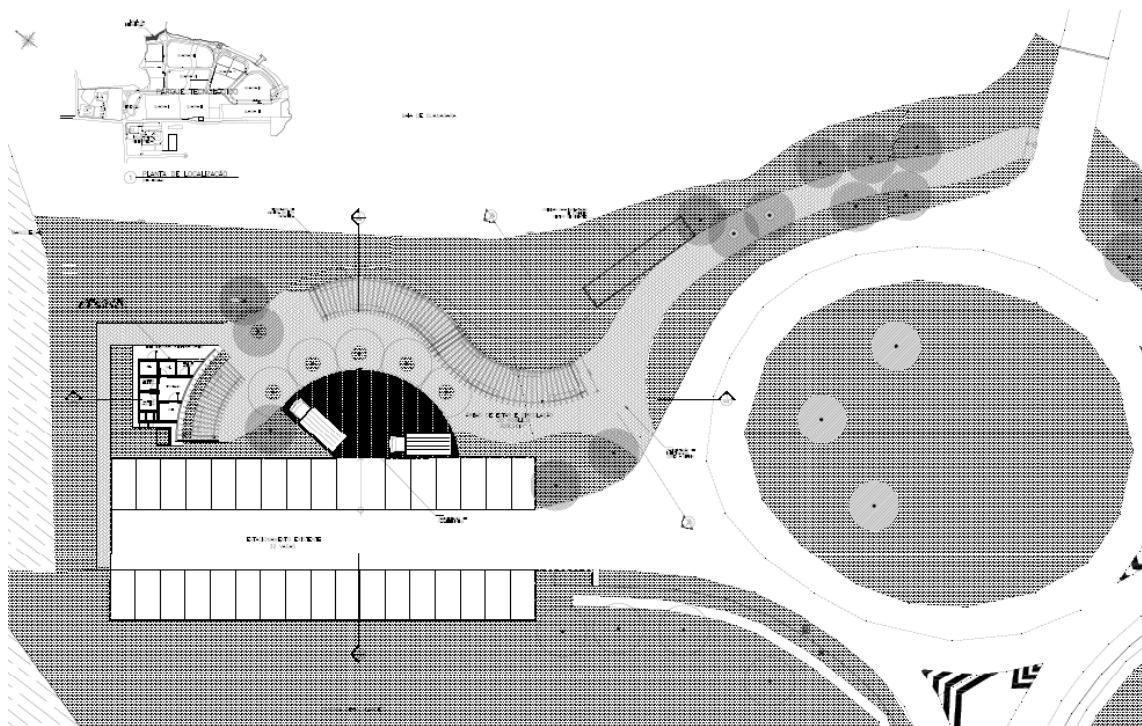


Figura 12 – Espaço de Convivência e Alimentação na Orla do Parque Tecnológico:
Plantas de situação e localização
Fonte: Equipe de Projetos de Arquitetura do Parque Tecnológico.

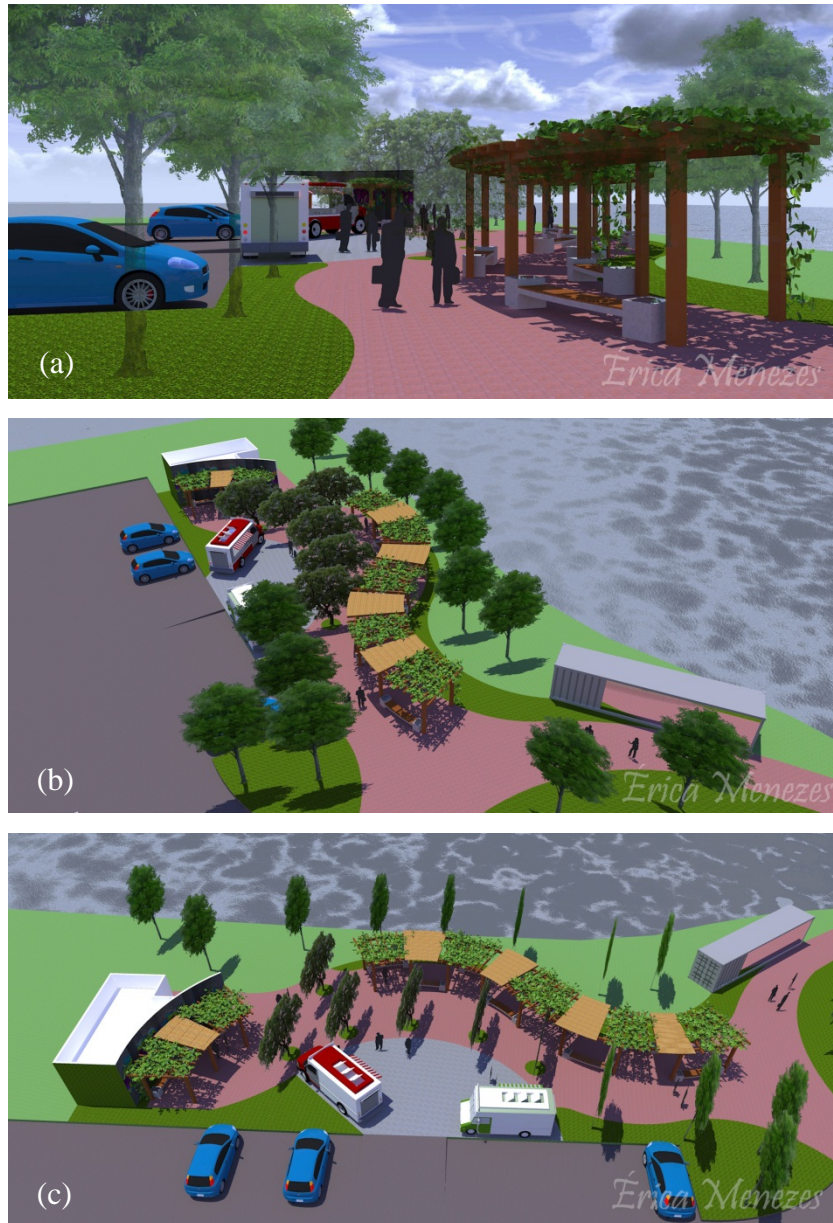


Figura 13 (a) (b) e (c) – Imagens ilustrativas do Espaço de Convivência e Alimentação na Orla do Parque Tecnológico.

Fonte: Equipe de Projetos de Arquitetura do Parque Tecnológico.

7. Metodologia da avaliação do ciclo de vida modular (ACV-m)

A obtenção dos dados junto à empresa contratada será realizada por meio de formulário a ser desenvolvido pela equipe Fundo Verde/NUMATS e estes dados contemplarão um período de 12 meses.

O formulário será dividido em quatro partes: (i) Cadastro, (ii) Práticas da Empresa, (iii) Produto e (iv) Inventário. Na planilha “Cadastro” serão coletadas informações da empresa, da unidade produtora e do responsável pelo preenchimento do formulário. Na segunda devem ser fornecidas informações classificatórias e qualitativas sobre as práticas da empresa. Em “Produto” solicitam-se os dados referentes à composição e à quantidade fabricada dos produtos selecionados para o estudo. Também serão requisitadas algumas informações da produção total da fábrica a fim de permitir a alocação dos insumos gerais da empresa nos produtos analisados. Na planilha “Inventário” serão coletados os consumos totais da fábrica dos principais insumos energéticos e matérias-primas.

Para facilitar o preenchimento do formulário, algumas unidades de medida poderão ser pré-definidas pelo responsável pela coleta de dados. A quantidade comercializada do produto (piso intertravado de concreto) no período em análise poderá ser informada em m^2 , m^3 , tonelada ou mil peças. O teor de cimento poderá ser informado em % da massa, kg/m^3 ou $kg/peça$. O consumo de água de composição por peça poderá ser informado em m^3 , litro, % da massa ou $litro/m^2$.

No entanto, outras unidades serão fixadas por serem consideradas mais usuais, sendo elas referentes aos consumos de água (m^3), eletricidade (kWh), combustíveis líquidos (litro) e cimento (tonelada).

A metodologia de cálculo dos indicadores ambientais é apresentada no item 6.3. A unidade funcional do produto em análise (piso intertravado) será a massa total de

materiais necessária para se produzir 1 m² de piso com 35 MPa de resistência à compressão.

O sistema de produto em análise compreenderá três fases do ciclo de vida dos pisos intertravados: aquisição de matérias-primas, transporte das matérias-primas até a fábrica de pisos e a produção dos pisos propriamente dita.

As fases de uso e descarte do produto não serão contabilizadas, pois o que se pretende avaliar é a eficiência do processo de produção.

A fronteira do estudo será “do berço ao portão”, significando que as etapas investigadas incluirão desde a extração das matérias-primas nas jazidas até o produto acabado (portão da fábrica), excluindo a distribuição do produto. A não consideração da etapa de distribuição elimina a variabilidade inerente à distância de transporte.

Os indicadores ambientais selecionados para compor está ACV-m são: (i) consumo de energia, (ii) emissão de CO₂, (iii) consumo de água e (iv) geração de resíduos. Cada matéria-prima ou combustível utilizado no sistema de produto em análise possui “valores intrínsecos” relativos ao consumo de energia (MJ) e emissão de CO₂ (kgCO₂) associados à produção de uma unidade funcional desta matéria-prima ou combustível (kg, m³, litro etc). Estes dados serão utilizados para calcular as parcelas dos indicadores de consumo de energia e emissão de CO₂ relativas à produção das matérias-primas ou combustíveis, assim como do transporte das mesmas até a fábrica. No âmbito deste trabalho, estes valores serão obtidos a partir de referências consolidadas na literatura, mencionadas nos itens 6.1.1 e 6.1.2 desse documento.

A fase de produção dos pisos na fábrica é responsável por uma parcela do consumo global de energia e da emissão de CO₂ do ciclo de vida do produto que será calculada através dos valores intrínsecos (energia incorporada e emissão de CO₂) das fontes energéticas empregadas no processo produtivo. Além disso, essa fase é responsável pelo consumo de água e geração de resíduos que resultará nestes respectivos indicadores.

A Figura 14 ilustra o que foi exposto anteriormente através de um diagrama de fluxo dos dados necessários para se calcular os indicadores ambientais.

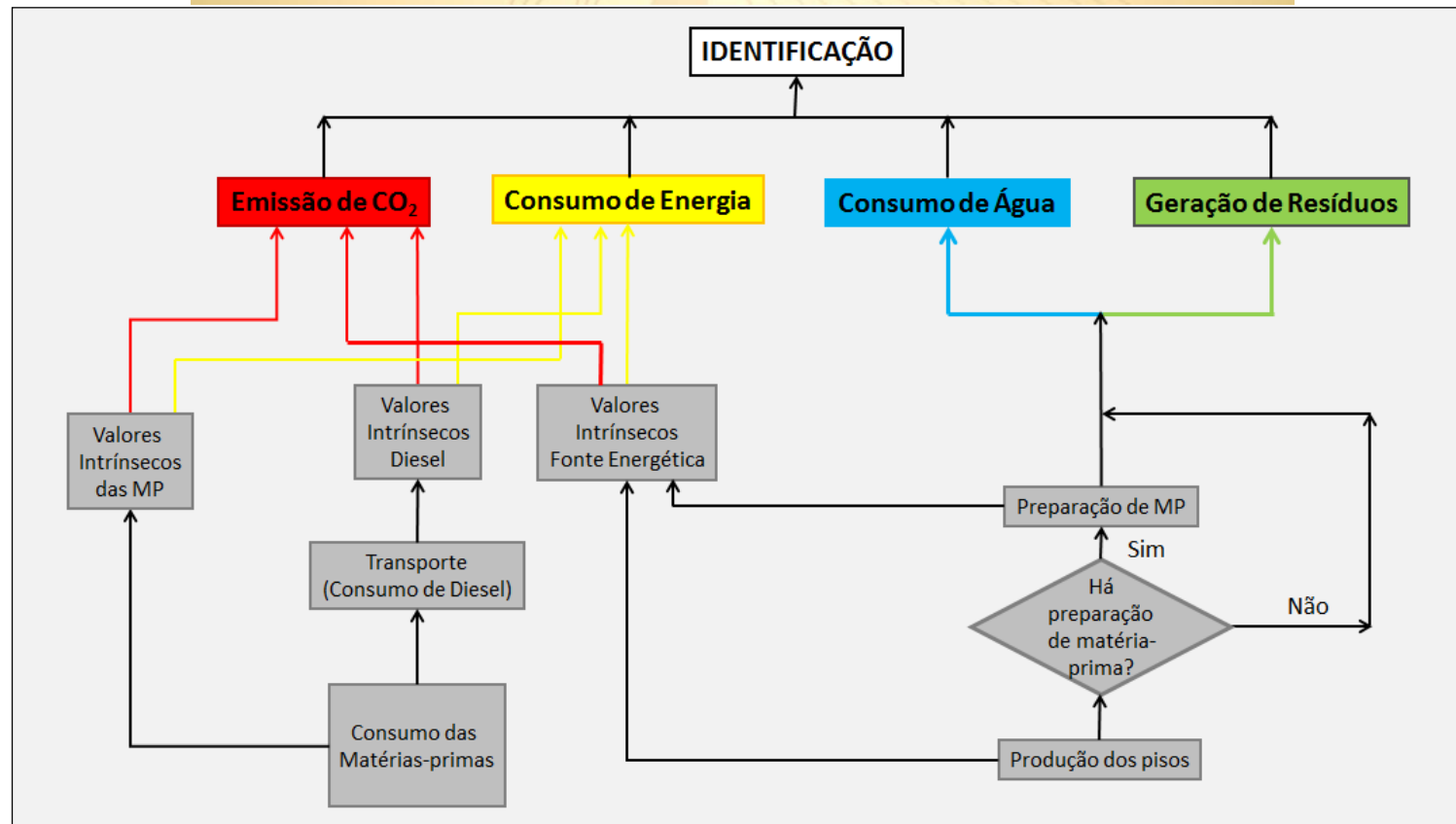


Figura 14 - Fluxograma do cálculo dos indicadores ambientais da ACV-m.

Observações:

- O termo “valores intrínsecos” compreende a energia incorporada (MJ/UF) e a emissão de CO₂ (kgCO₂/UF) de cada combustível e/ou matéria-prima;
- UF = Unidade Funcional (m², kg, tonelada, m³, litro etc).



6.1 - Fator de emissão de CO₂ e energia incorporada dos insumos

6.1.1 - Eletricidade e Combustíveis

Na Tabela 1 são apresentados os dados utilizados para o cálculo das emissões de CO₂ e do consumo energético devido à produção dos blocos intertravados de concreto.

Tabela 1 - Fatores de emissão de CO₂ e energia incorporada dos insumos energéticos.

Fonte	Unidade Funcional (UF)	Energia Incorporada (MJ/UF)	Fator de Emissão CO ₂ (kgCO ₂ /UF)	Fonte Energia	Fonte Fator de Emissão de CO ₂
Diesel	Litro	37,3	3,3	(EPA, 2010 e CETESB, 2010) apud SILVA, 2013	Wang <i>et al.</i> (2004) apud SILVA (2013)
Gasolina	Litro	34,8	2,7	(EPA, 2010 e CETESB, 2010) apud SILVA, 2013	Wang <i>et al.</i> (2004) apud SILVA (2013)
Álcool hidratado	Litro	21,5	0,4	MACEDO <i>et al</i> (2008)	MACEDO <i>et al</i> (2008)
Gás natural	m ³	41,3	5,4	MACEDO <i>et al</i> (2008)	IPCC (2006); Planilha do GHG Protocol ¹ ; MACEDO <i>et al</i> (2008)
Lenha (plantada torete)	Litro	6.204,3	689,9	PUNHAGUI (2014)	PUNHAGUI (2014)
Lenha (resíduo-plantada/nativa)	Litro	6.073,0	0,0	PUNHAGUI (2014)	PUNHAGUI (2014)
Eletricidade	kWh	6,0	0,06	Baseado nos dados de BEN (2013) ²	MCT – média dos anos de 2011, 2012 e 2013 ³
GLP	Tonelada	56.140,0	3.759,6	[Wang <i>et al.</i> (2004); Dario (2006); BEN (2010)] apud SILVA (2013)	[Wang <i>et al.</i> (2004); Dario (2006); BEN (2010)] apud SILVA (2013)
Lixívia (licor negro)	Tonelada	11.970,0	0,0	EPE (2013)	Resíduo da indústria de celulose
Óleo BPF	m ³	49.786,0	3.835,0	MACEDO <i>et al</i> (2008)	MACEDO <i>et al</i> (2008)
Óleo de xisto	Tonelada	38.100,0	2.792,7	IPCC (2006)	Planilha do GHG Protocol ¹

Observações:

- 1- Ferramenta do Programa Brasileiro GHG Protocol: <http://ghgprotocolbrasil.com.br>;
- 2- EPE (2013): para o cálculo foram consideradas as principais fontes responsáveis pela produção de eletricidade no Brasil: hidrelétrica, biomassa, gás natural, petróleo, nuclear e carvão e seus derivados;
- 3- www.mct.gov.br/index.php/content/view/321144.html#ancora.



6.1.2 - Matérias-Primas

Na Tabela 2 são apresentados os dados usados para os cálculos da emissão de CO₂ e da energia referentes à produção das matérias-primas. Os valores foram levantados apenas em fontes que forneciam essas informações para o cenário nacional. Estes dados consideram as etapas de extração e processamento.

Tabela 2 - Fatores de emissão de CO₂ e energia incorporada das matérias-primas.

Matérias-primas	Fator de Emissão de CO ₂ (kgCO ₂ /t)		Energia Incorporada (MJ/t)		Fontes – Fator de Emissão de CO ₂ e Energia
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	
Areia natural	4,2	9,6	55,3	109,0	SOUZA (2012)
Areia industrial	1,3	1,9	17,1	42,1	FALCÃO <i>et al.</i> (2013)
Brita 0	1,2	1,9	13,5	55,3	ROSSI (2013)
Cinza volante	0,0	0,0	0,0	0,0	Resíduo de outro setor
Pedrisco de seixo	1,3	1,9	14,6	42,1	FALCÃO <i>et al.</i> (2013)
Pedrisco	1,3	1,9	14,6	42,1	FALCÃO <i>et al.</i> (2013)
Pó de pedra	1,3	1,9	17,1	42,1	FALCÃO <i>et al.</i> (2013)
Agregado reciclado	0,8	1,8	13,8	20,7	OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2013
Cimento CP II-F	716,4	804,4	3.096	3.240	OLIVEIRA (2014) ¹ ; WBCSD (2012) ²
Cimento CP II-Z	599,8	804,4	2.592	3.240	OLIVEIRA (2014) ¹ ; WBCSD (2012) ²
Cimento CP II-E	433,2	804,4	1.872	3.240	OLIVEIRA (2014) ¹ ; WBCSD (2012) ²
Cimento CP III	174,9	545,2	756	2.196	OLIVEIRA (2014) ¹ ; WBCSD (2012) ²
Cimento CP IV	344,3	723,9	1.476	2.196	OLIVEIRA (2014) ¹ ; WBCSD (2012) ²
Cimento CP V	758,0	858,0	3.276	3.456	OLIVEIRA (2014) ¹ ; WBCSD (2012) ²

Observações:

- 1- OLIVEIRA, V. C. H. C. Estratégias para a minimização da emissão de CO₂ de concretos estruturais. Dissertação de mestrado em andamento na Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2014;
- 2- Para o cálculo desses valores foi adotado o valor médio do consumo energético para a produção de uma tonelada de clínquer (últimos cinco anos – 2008 a 2012) publicado pelo WBCSD (Disponível em: www.wbcscement.org/GNR-2012/Brazil/GNR-Indicator_329-Brazil.html) e os teores de clínquer permitidos pelas normas brasileiras.



6.2 - Estimativa de combustível pelo transporte das matérias-primas

Para a estimativa do consumo de combustível (óleo diesel) referente ao transporte das matérias-primas será solicitada à empresa a distância média de deslocamento e a cidade onde cada fornecedor está localizado.

Deverão ser solicitadas as quantidades de insumos entregues a cada pedido feito pela fábrica e o tipo de veículo utilizado. O transporte de matérias-primas é realizado predominantemente por caminhões.

Com as quantidades totais de cada matéria-prima (QTD_{mp}) e as quantidades entregues a cada pedido (QTD_{transp}), o número de viagens necessárias pode ser estimado através da Equação 1 (CBCS, 2015):

$$n^{\circ}viagens = \frac{QTD_{mp}}{QTD_{transp}} \quad \text{Equação (1) (CBCS, 2015)}$$

Para o caso de carga transportada ter um valor fixo, a faixa de consumo de combustível (CD) será estimada através das Equações 2 e 3 (CBCS, 2015):

$$CD_{min} = \frac{FC_{min} \times n^{\circ}viagens \times MTT_{min} \times DIST}{QTD_{mp}} \quad \text{Equação (2) (CBCS, 2015)}$$

$$CD_{máx} = \frac{FC_{máx} \times n^{\circ}viagens \times MTT_{máx} \times DIST}{QTD_{mp}} \quad \text{Equação (3) (CBCS, 2015)}$$

Onde: FC = faixa de consumo de diesel; MTT = massa total de transporte (carga transportada mais a massa do caminhão).

Nos casos em que a quantidade de insumos entregues por pedido for variável, serão consideradas as seguintes Equações 4 e 5 (CBCS, 2015):



$$CD_{\min} = \frac{FC_{\min} \times n^{\circ}\text{viagens}_{\min} \times MTT_{\max} \times \text{DIST}}{QTD_{mp}} \quad \text{Equação (4) (CBCS, 2015)}$$

$$CD_{\max} = \frac{FC_{\max} \times n^{\circ}\text{viagens}_{\max} \times MTT_{\min} \times \text{DIST}}{QTD_{mp}} \quad \text{Equação (5) (CBCS, 2015)}$$

Esta diferença precisa ser considerada porque o caminhão que apresenta maior capacidade de carga realiza menos viagens para entregar a mesma quantidade de material e, conseqüentemente, consome menos combustível.

Devido à variação de modelos de veículos utilizados pelo setor, da capacidade de carga e da distância percorrida, decidiu-se adotar um valor mínimo e um valor máximo, ao invés de um valor médio. O consumo devido ao transporte feito por meio de caminhão varia de 0,006 a 0,022 L/t.km (Campos, 2012).

6.3 - Cálculo dos indicadores

Para o cálculo e divulgação dos indicadores foi estabelecida como unidade funcional (unidade de referência) a quantidade de concreto necessária para se produzir 1 m² de piso intertravado com resistência à compressão de 35 MPa.

6.3.1 - Indicador de Consumo de Energia

O consumo de energia foi estimado a partir de três origens, a saber: a produção das matérias-primas, o transporte das mesmas até a fábrica de pisos, e a energia consumida pela fábrica para a produção dos mesmos. Desta forma, o indicador de energia total é calculado como apresentado na Equação 6 (CBCS, 2015):

$$\text{Energia}_{\text{total.pç}} = \text{Energia}_{\text{transporte.pç}} + \text{Energia}_{\text{mp.pç}} + \text{Energia}_{\text{fábrica.pç}}$$

Equação (6) (CBCS, 2015)



Este cálculo fornece o indicador de energia em MJ/peça. Para a obtenção deste indicador em MJ/m², multiplica-se a energia obtida por peça pela quantidade de peças que correspondem a 1 m² de piso.

6.3.1.1 – Transporte

Tendo-se estimado as faixas de consumo de óleo diesel para transportar cada tonelada de matéria-prima (CD mínimos e máximos), calcula-se o consumo de combustível necessário para transportar cada insumo que compõe a peça (CD_{pc}), conforme ilustra a Equação 7 (CBCS, 2015):

$$CD_{pc} = CD \times massa_{insumo,pc}$$

Equação (7) (CBCS, 2015)

Com o valor da energia embutida (EE) do óleo diesel, ou seja, a energia necessária para se produzir 1 litro de óleo diesel, calcula-se a energia incorporada de cada peça referente ao transporte das matérias-primas (Equação 8 (CBCS, 2015)):

$$Energia_{transporte,pc} = EE_{diesel} \times CD_{pc}$$

Equação (8) (CBCS, 2015)

6.3.1.2 – Materiais

A energia incorporada no produto referente ao consumo dos materiais que o compõem foi calculada a partir das massas estimadas de cada matéria-prima que entra na composição da peça (massa_{mp,pc}). Cada tipo de agregado foi relacionado às suas respectivas energias embutidas. No caso do cimento, houve diferenciação de acordo com o teor de clínquer permitido por norma para cada tipo. A Equação 9 (CBCS, 2015) descreve como deve ser computada esta parcela do indicador de consumo de energia:

$$Energia_{mp,pc} = \sum(EE_{mp} \times massa_{mp,pc})$$

Equação (9) (CBCS, 2015)



6.3.1.3 – Fábrica

As informações relativas à energia utilizada no processo de fabricação das peças foram informadas através dos consumos de eletricidade e combustíveis (líquidos e/ou gasosos). Considerando: (i) que estas informações referem-se a toda a produção da fábrica e (ii) que o produto de interesse é apenas uma parcela da produção total, primeiramente deve-se estimar a proporção em massa que o produto de interesse (MTP) representa em relação ao total da fábrica (MTPF), como está representado na Equação 10 (CBCS, 2015):

$$\%produtos_{projeto} = \frac{M_{TP}}{M_{TPF}} \quad \text{Equação (10) (CBCS, 2015)}$$

De posse desta relação e do consumo total de cada insumo energético da fábrica, realiza-se a alocação em cada produto de interesse (Equação 11 (CBCS, 2015)).

$$consumo_{energia.prod} = \%produto_{projeto} \times consumo_{energia.fabrica} \quad \text{Equação (11) (CBCS, 2015)}$$

Ao dividir este consumo pela quantidade de peças produzidas para cada um dos produtos obtém-se, para o período em análise, o consumo energético por peça (Equação 12 (CBCS, 2015)):

$$consumo_{energia.pç} = \frac{consumo_{energia.prod}}{QTD_{TP}} \quad \text{Equação (12) (CBCS, 2015)}$$

Como exposto pela Equação 13 (CBCS, 2015), a energia incorporada por peça é calculada através do produto entre o consumo de energia por peça e a energia embutida do respectivo insumo energético:

$$Energia_{fabrica.pç} = EE_{insumo.energ} \times consumo_{energia.pç} \quad \text{Equação (13) (CBCS, 2015)}$$



6.3.2 - Indicador de emissão de CO₂

Para o levantamento das emissões de CO₂ empregam-se os mesmos procedimentos adotados para as estimativas do indicador de energia. A emissão de referência para cada peça é calculada com base na produção das matérias-primas, no transporte das mesmas até a fábrica de pisos e na energia consumida pela fábrica para a produção dos mesmos. A Equação 14 (CBCS, 2015) sintetiza este raciocínio:

$$\text{Emissão CO}_2 \text{ total.pç} = \text{Emissão CO}_2 \text{ transporte.pç} + \text{Emissão CO}_2 \text{ mp.pç} + \text{Emissão CO}_2 \text{ fábrica.pç} \quad \text{Equação (14) (CBCS, 2015)}$$

Este cálculo resulta no indicador de emissão de CO₂, cuja unidade é o kgCO₂/peça. Para converter esta unidade para kgCO₂/m², deve-se multiplicar a quantidade de CO₂ por peça pela quantidade de peças que correspondem a 1 m² de piso.

6.3.2.1 – Transporte

A partir das faixas de consumo de óleo diesel estimadas para transportar cada tonelada de matéria-prima (CD mínimos e máximos), calcula-se o consumo de combustível necessário para transportar cada insumo que compõe a peça (CD_{pç}), conforme descrito em 6.3.1.1.

Como descrito na Equação 15 (CBCS, 2015), com o valor do fator de emissão de CO₂ (FE) do óleo diesel, calcula-se a emissão de CO₂ por peça referente ao transporte das matérias-primas:

$$\text{Emissão CO}_2 \text{ transporte.pç} = \text{FE}_{\text{diesel}} \times \text{CD}_{\text{pç}} \quad \text{Equação (15) (CBCS, 2015)}$$

6.3.2.2 – Materiais

A emissão de CO₂ do produto, referente ao consumo dos materiais que o compõem foi calculada a partir das massas estimadas de cada matéria-prima que entra na composição da peça (massa_{mp.pç}). Cada tipo de agregado foi relacionado aos seus respectivos fatores de emissão de CO₂. No caso do cimento, houve diferenciação de acordo com o teor de



clínquer permitido por norma para cada tipo (CP II: ABNT NBR 11.578 (1991); CP III: ABNT NBR 5.735 (1991); CP IV: ABNT NBR 5.736 (1991); CP V: ABNT NBR 5.733 (1991)).

A Equação 16 (CBCS, 2015) ilustra este procedimento:

$$\text{Emissão CO}_{2\text{mp.pç}} = \Sigma(\text{FE}_{\text{mp}} \times \text{massa}_{\text{mp.pç}}) \quad \text{Equação (16) (CBCS, 2015)}$$

6.3.2.3 – Fábrica

As informações relativas à energia utilizada no processo de fabricação das peças foram informadas através dos consumos de eletricidade e combustíveis (líquidos e/ou gasosos). Considerando que, normalmente, estas informações referem-se a toda a produção da fábrica e o produto de interesse é apenas uma parcela da produção total, primeiramente, deve-se estimar a proporção em massa que o produto de interesse representa em relação ao total da fábrica. A partir desta relação e do consumo total de cada insumo energético pela fábrica, realiza-se a alocação em cada produto de interesse. Ao dividir este consumo pela quantidade de peças produzidas para cada um dos produtos obtém-se, para o período em análise, o consumo energético por peça ($\text{consumo}_{\text{energia.pç}}$). Todo este desenvolvimento de cálculo já foi introduzido no item 6.3.1.3.

A emissão de CO₂ por peça é calculada através do produto entre o consumo de energia por peça e o fator de emissão de CO₂ do respectivo insumo energético, como descrito pela Equação 17 (CBCS, 2015):

$$\text{Emissão CO}_{2\text{fábrica.pç}} = \text{FE}_{\text{insumo.energ}} \times \text{consumo}_{\text{energia.pç}} \quad \text{Equação (17) (CBCS, 2015)}$$

6.3.3 - Indicador do consumo de água

As informações referentes ao consumo de água são basicamente o teor de água por peça, na composição do concreto e o total de água consumido pela fábrica em um dado período.



Da mesma forma que o consumo de energia e a emissão de CO₂ da fábrica foram repartidos pela proporção em massa por produto (%produto_{projeto}), o mesmo procedimento será adotado para o consumo de água da fábrica.

A partir do consumo de água informado para toda a fábrica (água_{total.fábrica}) (Equação 18 (CBCS, 2015)), multiplica-se este valor pela proporção do produto em análise (Equação 10 (CBCS, 2015)) para se obter o consumo total de água por produto (água_{total.prod}), dado pela Equação 19 (CBCS, 2015)):

$$\%produtos_{projeto} = \frac{M_{TP}}{M_{TPF}}$$

$$água_{total.fábrica} = \sum fonte_{água} \quad \text{Equação (18) (CBCS, 2015)}$$

$$água_{total.prod} = \%produto_{projeto} \times água_{total.fábrica} \quad \text{Equação (19) (CBCS, 2015)}$$

Ao dividir este consumo pela quantidade de peças produzidas para cada produto no período em análise, obtém-se o consumo de água da fábrica por peça (Equação 20 (CBCS, 2015)):

$$água_{fábrica.pç} = \frac{água_{total.prod}}{QTD_{TP}} \quad \text{Equação (20) (CBCS, 2015)}$$

É importante salientar que esta metodologia de cálculo representa apenas a água total da fábrica (retirada/captada pela empresa), dado que até o momento não se sabe da disponibilidade da empresa contratada em fornecer informações sobre a água consumida por peça no processo de produção.

Para a obtenção deste indicador em litros/m², basta multiplicar o valor em litros/peça pela quantidade de peças que correspondem a 1 m² de piso.

6.3.4 - Indicador de geração de resíduos

Com a finalidade de se estimar a geração de resíduos, será solicitada à empresa que informe a porcentagem que é perdida para a produção de cada produto e a perda total de produção da fábrica (média dos últimos 12 meses). Esta definição deverá abranger tantos



materiais quanto possíveis (agregados, cimento, embalagens e pallets, perdas de produto etc).

Para o caso das perdas de produto, será calculada através da Equação 21 (CBCS, 2015) a massa total de peças perdidas ($perda_{prod}$), a partir da massa total por produto (M_{TP}):

$$perda_{prod} = \%perda_{informada} \times M_{TP} \text{ (kg)} \quad \text{Equação (21) (CBCS, 2015)}$$

Como mostra a Equação 22 (CBCS, 2015), dividindo este valor pelo número de peças fabricadas, obtém-se o indicador de perdas por peça ($perda_{pc}$):

$$perda_{pc} = \frac{perda_{prod}}{QTD_{TP}} \quad \text{Equação (22) (CBCS, 2015)}$$

Para o caso de pisos intertravados, multiplica-se este valor pela quantidade de peças que compreendem 1 m² de piso.

8. Próximos Passos

Em relação à ciclovia e após a conclusão da primeira etapa descrita no item “Iniciativas do Fundo Verde”, serão introduzidas modificações na seleção das matérias primas, incorporando resíduos industriais e resíduos de construção e demolição (RCD) na produção dos blocos de concreto intertravados, de forma a se obter uma melhoria do desempenho ambiental do pavimento.

Na terceira etapa, será construído um pavimento utilizando o mesmo material da segunda etapa, podendo apresentar algum tipo de ajuste (em relação ao material da segunda etapa), caso seja necessário.

Após a conclusão das três etapas, serão obtidos indicadores ambientais diferenciados para um sistema construtivo com a mesma função (de camada de revestimento em um



determinado sistema de pavimentação), possibilitando comparações do desempenho ambiental das soluções adotadas.

As metas a serem alcançadas nos próximos passos compreendem:

- Estabelecimento do *baseline* ambiental de pré-moldados comerciais fabricados no estado de Rio de Janeiro;
- Desenvolvimento de concretos de baixo impacto ambiental, do tipo seco para pavimentos intertravados pré-moldados, e do tipo fluido para mobiliário urbano;
- Cálculo do impacto ambiental dos concretos desenvolvidos usando a metodologia de ACV-m;
- Fabricação e instalação na Cidade Universitária de protótipos em escala industrial de pavimentos intertravados e mobiliário urbano e baixo impacto ambiental;
- Avaliação do desempenho dos protótipos instalados na Cidade Universitária.

Espera-se que os resultados da ACV-m possibilitem a criação de uma estrutura de conhecimento que possa contribuir efetivamente para a gestão ambiental no contexto da construção civil na Cidade Universitária. Materiais e sistemas construtivos mais atraentes do ponto de vista de sustentabilidade poderão ser desenvolvidos e implantados, funcionando como “sementes” para a disseminação da metodologia da ACV-m para outros setores da Cidade Universitária.

Espera-se adicionalmente a obtenção de um ou vários protótipos de elementos de concreto pré-moldados, cuja tecnologia possa ser transferida para uma ou várias empresas da indústria no estado do Rio de Janeiro.

Ainda no escopo das próximas iniciativas de cooperação técnica Fundo Verde / NUMATS inclui-se o desenvolvimento de pisos intertravados com características diferenciadas de cor e textura, além de propriedades antiderrapantes e boas condições de trafegabilidade, de forma a facilitar a mobilidade, a segurança e a autonomia de pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida. Essa iniciativa integra-se à política de mobilidade urbana proposta no Plano Diretor da UFRJ, que prevê a



disseminação das ações de adequação dos espaços urbanos no tocante à acessibilidade, ao desenho universal e aos recursos assistivos.

Dessa forma pretende-se reforçar o papel educativo e social da Universidade em relação aos desafios de acessibilidade expressos na legislação vigente (Leis Federais nº 10.048 e 10.098, ambas de 2000 e Decreto nº 5.296, de 2004) e na normatização técnica vigente (ABNT, 2004), democratizando o uso dos espaços urbanos construídos e aumentando a oferta de espaços acolhedores, funcionais e integrados na Cidade Universitária.

9. Referências Bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5.733**: Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991.

_**NBR 5.735**: Cimento Portland de alto-forno. Rio de Janeiro, 1991.

_**NBR 5.736**: Cimento Portland pozolânico. Rio de Janeiro, 1991 (Versão Corrigida, 1999).

_**NBR 9.050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2004 (Versão Corrigida, 2005).

_**NBR 11.578**: Cimento Portland composto - Especificação. Rio de Janeiro, 1991 (Versão Corrigida, 1997).

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. *Sustentabilidade na indústria de blocos e pavimento de concreto - Avaliação de Ciclo de Vida Modular*. Publicado on-line em Agosto de 2009. Disponível em: http://www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/CT_materiais.pdf. Acessado em Março de 2015.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética, MME – Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional 2013*. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/>. Acessado em Maio de 2015.



FALCÃO, C. M. B. DE B. *et al.* *Análise da qualidade do investimento e emissões de CO₂ associadas à produção de agregados reciclados na Região Metropolitana de São Paulo.* Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change. *Synthesis Report - Summary for Policymakers.* 2007. Disponível em: <www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf>. Acessado em Maio de 2015.

MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R. *Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020.* *Biomass & Bioenergy*, v. 32, n. 7, pp. 582–595. 2008.

OLIVEIRA, L. S. *et al.*, *Emissões de CO₂ dos agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD): dois estudos de caso.* 3º Encontro Nacional sobre Reaproveitamento de Resíduos na Construção Civil - ENARC, pp.15, São Leopoldo-RS, 2013.

PUNHAGUI, K. R. G. *Análisis de la Arquitectura en Madera en Brasil bajo aspectos de la sostenibilidad.* Tese de doutorado. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona da Universitat Politècnica de Catalunya e Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2014.

ROSSI, E. *Avaliação do ciclo de vida da brita para a construção civil: estudo de caso.* Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2013. Disponível em: http://www.bdt.d.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=6566

SILVA, B. V. *Construção de ferramenta para avaliação do ciclo de vida de edificações.* Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo-SP, 2013, Brasil.

SOUZA, M. P. R. DE. *Avaliação das emissões de CO₂ antrópico associadas ao processo de produção do concreto, durante a construção de um edifício comercial, na Região Metropolitana de São Paulo.* Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, São Paulo-SP, 2012.

