

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE  
CURSO DE ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA

SOLANGE NEUBURGER

**UMA PROPOSTA DE UM CANTEIRO EXPERIMENTAL SUSTENTÁVEL PARA O  
CENTRO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE – UFSC**

Joinville, 2015

SOLANGE NEUBURGER

**UMA PROPOSTA DE UM CANTEIRO EXPERIMENTAL SUSTENTÁVEL PARA O  
CENTRO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE – UFSC**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Infraestrutura da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Infraestrutura, orientada pela Prof.<sup>a</sup> Andréa Holz Pfützenreuter, Dra. Arq.

Joinville, 2015

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por ter iluminado o meu caminho e me dado força para seguir em frente.

Aos meus pais, Rosilda e Lúcio, pelo carinho e paciência e por sempre estarem ao meu lado, apoiando-me, incentivando-me e compartilhando das minhas conquistas.

À minha tia Mari, que sempre me encorajou a lutar para alcançar os meus objetivos.

Ao meu namorado Roberto, pelo companheirismo e compreensão diante das dificuldades enfrentadas para construção desse trabalho.

À professora Andréa, pela ajuda, paciência e comprometimento para com essa monografia.

E a todos os meus amigos e demais professores da UFSC que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação acadêmica.

## **RESUMO**

O presente trabalho expõe a importância da adoção de técnicas sustentáveis no setor da construção por meio de um estudo sobre gestão de resíduos, planejamento de canteiro de obras e sustentabilidade, de modo a salientar a relevância dessas três áreas no âmbito da engenharia de infraestrutura. O estudo baseia-se em casos aplicados em ambientes educacionais, como laboratórios e canteiros experimentais, caracterizando qualitativamente os ambientes e seus recursos. A pesquisa descreve a semelhança do seu arranjo físico com um canteiro de obras e as especificações solicitadas pelos critérios das metodologias de avaliação da sustentabilidade, conforme descrito na pesquisa bibliográfica. Assim sendo, apresenta-se uma proposta de implantação de um canteiro experimental sustentável no Campus UFSC/Joinville, a fim de complementar o ensino, contribuir para desenvolvimento de novos métodos construtivos e auxiliar na resolução de problemas de engenharia.

**Palavras-chave:** Gestão de resíduos. Planejamento. Canteiro experimental sustentável.

## **ABSTRACT**

This work will inform about the importance of adopting sustainable techniques in construction, through a study on waste management, construction sites planning and sustainability, in order to highlight the relevance of these three areas in infrastructure engineering. The study is based on cases applied in educational settings as laboratories and experimental job sites, characterizing the environment and its resources. The research describes the physical resemblance of an experimental job site with a construction site and the specifications requested by the sustainability certifications, as described in the literature. So, this research work proposes the implementation of a sustainable experimental job site at Campus UFSC/Joinville, in order to complement teaching, contribute to the development of new construction methods and assist in solving engineering problems.

**Key-words:** Waste management. Planning. Sustainable experimental job site.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Hierarquia do sistema de gerenciamento de resíduos .....	12
Figura 2: Leis voltadas para a gestão de resíduos em ordem cronológica .....	14
Figura 3: Organograma da gestão de resíduos na construção civil.....	15
Figura 4: Mapa da cidade universitária da USP .....	32
Figura 5: Localização do canteiro experimental da FAUUSP .....	32
Figura 6: Canteiro experimental (vista sentido leste) .....	33
Figura 7: Canteiro experimental (vista sentido norte).....	34
Figura 8: Baias para guardar materiais e resíduos (a) e triturador de entulhos (b).....	34
Figura 9: Laboratório de construção da UP.....	36
Figura 10: Confecção de estruturas de alvenaria.....	37
Figura 11: Espaço destinado ao canteiro experimental.....	37
Figura 12: Áreas destinadas às ferramentas de construção civil.....	38
Figura 13: Espaço destinado aos materiais e outros instrumentos de construção .....	38
Figura 14: Área externa destinada às práticas de construção civil.....	39
Figura 15: Áreas destinadas aos materiais e ferramentas de construção .....	40
Figura 16: Baias para guardar britas com diferentes granulometrias .....	40
Figura 17: Quadro de instruções relacionando as etapas de uma obra e os equipamentos de segurança necessários .....	41
Figura 18: Localização escolhida para a implantação do canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville .....	51
Figura 19: Sistema de decantação para efluentes líquidos .....	55
Figura 20: Esquema simplificado de um sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes.....	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classe de resíduos segundo a Resolução CONAMA nº 307 .....	13
Quadro 2: Síntese das condições estabelecidas pelas metodologias de avaliação da sustentabilidade referente a canteiro de obras.....	22
Quadro 3: Tipos de canteiros de obras .....	24
Quadro 4: Normas referentes aos canteiros de obras.....	25
Quadro 5: Etapas do planejamento de canteiro de obras .....	26
Quadro 6: Tipologia das instalações provisórias .....	27
Quadro 7: Requisitos propostos para a implantação de um canteiro experimental em uma instituição de ensino .....	31
Quadro 8: Inovações no setor da construção civil .....	45
Quadro 9: Sistemas de gestão e logística voltados para canteiros de obras.....	47
Quadro 10: Programa de necessidades do canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville .....	48
Quadro 11: Propostas de localizações do canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville .....	50
Quadro 12: Tecnologias da construção civil propostas para a concepção do canteiro experimental do Campus UFSC/Joinville .....	52
Quadro 13: Sistemas de tratamento de resíduos líquidos.....	55
Quadro 14: Tratamento de esgoto e efluentes por meio de zona de raízes .....	56
Quadro 15: Sistema de captação de água pluvial .....	57
Quadro 16: Orçamento prévio estimado do canteiro experimental sustentável .....	61

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. GESTÃO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....</b>	<b>11</b>
2.1. CERTIFICAÇÕES PARA A AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	16
2.1.1. <i>BREEAM – BRE’s Environmental Assessment Method</i> (Reino Unido, 1990) .....	16
2.1.2. <i>Certification Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE® Bureau et Enseignement</i> (França, 1996).....	17
2.1.3. <i>Green Building Challenge</i> (Consórcio internacional, 1996).....	18
2.1.4. <i>EcoHomes – The Environmental Rating for Homes</i> (Reino Unido, 2000) ..	18
2.1.5. <i>LEED – Leadership in Energy and Environmental Design</i> (EUA, 2000) .	19
2.1.6. <i>CASBEE – Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency</i> (Japão, 2001).....	19
2.1.7. <i>Certification Habitat et Environnement</i> (França, 2003).....	20
2.1.8. <i>Green Star</i> (Austrália, 2003) .....	20
2.1.9. <i>AQUA – Alta Qualidade Ambiental</i> (Brasil, 2008) .....	21
<b>3. CANTEIRO DE OBRAS .....</b>	<b>23</b>
3.1. CANTEIRO EXPERIMENTAL.....	29
3.1.1. Exemplos de canteiros experimentais e laboratórios de construção civil	31
3.1.1.1. Canteiro experimental da FAUUSP .....	31
3.1.1.2. Canteiro experimental da UP .....	36
3.1.1.3. Laboratório de materiais de construção da UNISOCIESC.....	39
3.1.1.4. Canteiro experimental da UFFS .....	41
3.1.1.5. Canteiro experimental da FAU Mackenzie .....	42
3.2. IMPORTÂNCIA TEÓRICO-PRÁTICA PARA O CURSO DE ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA.....	43
<b>4. ESTRATÉGIAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANTEIRO EXPERIMENTAL NO CAMPUS DA UFSC/JOINVILLE .....</b>	<b>44</b>
4.1. ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO EXPERIMENTAL SUSTENTÁVEL.....	47
4.1.1. Gestão de resíduos do canteiro experimental sustentável.....	54
4.1.2. Sistema de tratamento de esgoto e efluentes por zona de raízes.....	56

4.1.3. Sistema de captação de água pluvial .....	57
4.2. MEMORIAL DESCRITIVO .....	58
4.3. ORÇAMENTO PRÉVIO ESTIMADO .....	61
4.4. PROJETOS .....	62
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>68</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>69</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A introdução de práticas sustentáveis na construção civil é uma tendência crescente no mercado. Devido à preocupação com a conservação do meio ambiente, diversos agentes, tais como governos, associações, investidores, bem como os consumidores, alertam, incentivam e pressionam o setor da construção civil a adotar essas técnicas em suas atividades. Entretanto, para que o setor da construção possa se enquadrar no padrão sustentável, as empresas precisam mudar a sua forma de produzir e gerir suas obras, de modo a buscar soluções que sejam economicamente relevantes e viáveis para o empreendimento. Práticas como a utilização de matérias-primas que contribuam para a ecoeficiência do processo, a diminuição do consumo de água e energia, a redução, reutilização, reciclagem e disposição correta dos resíduos sólidos provenientes dos canteiros de obras e a conscientização dos processos envolvidos através da educação ambiental são alguns dos princípios básicos da construção sustentável (CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2008).

Tem-se conhecimento que o setor da construção civil é o grande consumidor de recursos naturais e gerador de resíduos, sendo responsável por, aproximadamente, 40% dos resíduos gerados, o que ocasiona impactos significativos sobre o meio ambiente (CIB, 2015). Em virtude dessa porcentagem, a indústria da construção vem exigindo a adoção de métodos aperfeiçoados e eficazes para que a construção de uma obra cause o menor impacto ambiental possível. Tendo esse propósito em vista, a metodologia ideal a se utilizar para atingir esse objetivo é através do planejamento adequado do canteiro de obras, viabilizando a execução rápida dos serviços e a gestão dos resíduos que serão gerados durante a construção. Por esse motivo, o presente trabalho visa relatar a importância da adoção de técnicas sustentáveis na indústria da construção.

Esta monografia está baseada em estudos sobre gestão, planejamento e sustentabilidade na construção civil, com o intuito de evidenciar o quão interligadas estão essas três áreas dentro da engenharia. A pesquisa salienta que a correta gestão dos resíduos oriundos dos canteiros de obras, bem como o adequado planejamento do *layout* e da logística do canteiro permitem que o empreendimento seja certificado mediante as metodologias de avaliação da sustentabilidade, contribuindo para o desenvolvimento sustentável no setor da construção civil. Além disso, estudou-se a estruturação do canteiro experimental, um ambiente didático que, em virtude da sua configuração, simula as atividades realizadas em um canteiro de obras, porém

possibilita a experimentação de novas técnicas construtivas, de modo a contribuir para a formação acadêmica dos universitários.

Devido ao fato da Universidade Federal de Santa Catarina estar há pouco tempo instalada em Joinville e ainda não ter um campus eficientemente equipado, percebe-se certa carência dos alunos no que diz respeito à realização de aulas práticas. Na maioria das vezes, os estudantes tem apenas o contato teórico com a disciplina lecionada, uma vez que o campus ainda não dispõe de muitos laboratórios para suprir as necessidades dos seus acadêmicos.

Portanto, o presente trabalho visa propor um canteiro experimental para o Campus Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina, baseado no estudo de planejamento de canteiro de obras, seguindo os princípios da sustentabilidade e adotando estratégias que possibilitem que o projeto seja classificado como socialmente desejável, economicamente viável e ambientalmente sustentável. Assim sendo, estratégias como a utilização do sistema *Light Wood Frame* para a construção do canteiro experimental, a implantação de cobertura verde e cobertura branca com painéis fotovoltaicos, a instalação de sistemas de captação de água da chuva e de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes, bem como a reutilização dos resíduos sólidos oriundos das atividades desenvolvidas no espaço fazem parte da proposta do projeto de canteiro experimental sustentável para o Centro de Engenharias da Mobilidade.

A presente monografia está estruturada em cinco capítulos, cujo primeiro retrata a problemática relacionada ao tema, a justificativa do assunto escolhido, bem como relata os objetivos geral e específicos. O segundo capítulo descreve a importância da gestão dos resíduos, assim como as metodologias para a avaliação da sustentabilidade no setor da construção civil, que permitem certificar o empreendimento com relação ao seu grau de sustentabilidade. O terceiro refere-se ao planejamento e à organização de canteiro de obras e à importância da existência de um canteiro experimental em uma instituição de ensino. Nesse mesmo capítulo também são apresentados exemplos de canteiros experimentais implantados em outras universidades e a importância da introdução desse ambiente didático para o curso de Engenharia de Infraestrutura. No capítulo quatro são expostas as estratégias para a implantação do canteiro experimental sustentável no Campus UFSC/Joinville, além da respectiva proposta de projeto. E, por fim, o último capítulo apresenta as conclusões e as sugestões para os trabalhos futuros.

## 2. GESTÃO SUSTENTÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

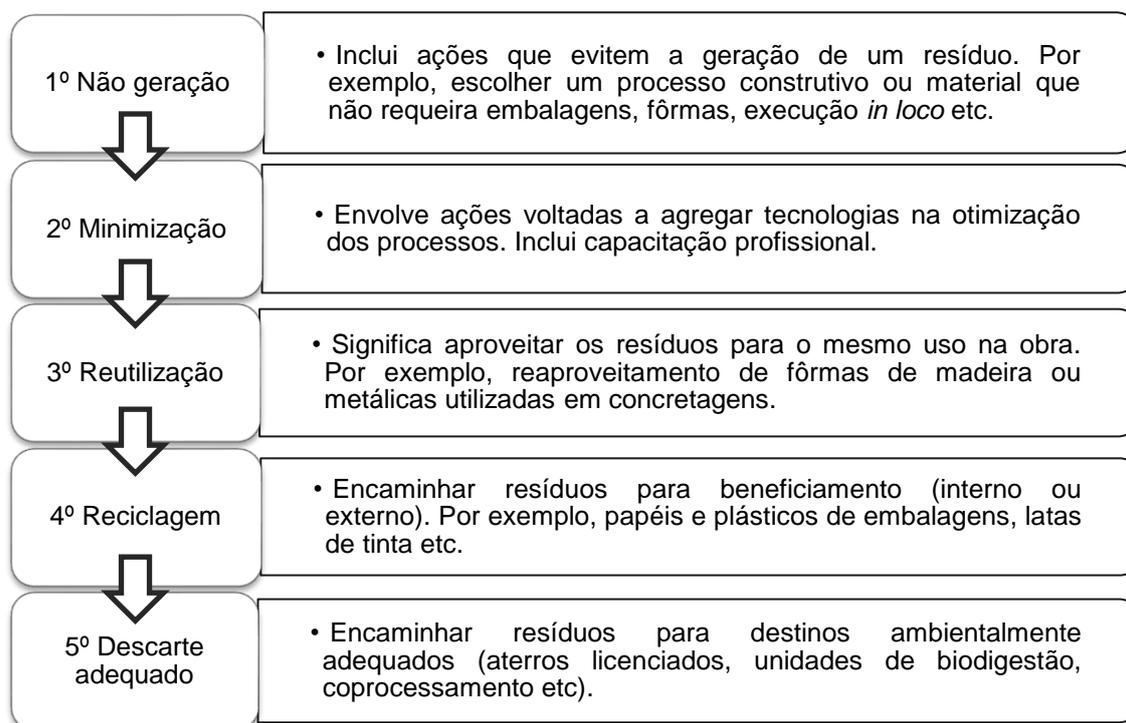
A utilização de recursos naturais e a sua preservação para as futuras gerações são continuamente debatidos em fóruns mundiais. A probabilidade de esgotamento desses recursos, com catastróficas consequências para a conservação da vida no planeta, tem feito o homem se relacionar de maneira diferente com o meio ambiente, uma vez que o caminho para um modo de vida sustentável se concebe com base nos princípios do desenvolvimento urbano inteligente e das edificações eficientes (PORTO, 2009). Ações ecoeficientes relacionadas à diminuição do consumo de recursos naturais, à gestão e à destinação apropriada dos resíduos da construção civil, à utilização racional da água, bem como à economia de energia elétrica, permitem que o empreendimento, através das metodologias de avaliação ambiental, seja certificado como sustentável e eficiente (PETKOW e ALMEIDA, 2005).

De acordo com Goodland (1995), o desenvolvimento sustentável deve integrar três aspectos: o social, o econômico e o ambiental. Desse modo, a busca pelo desenvolvimento sustentável deve prezar o que é socialmente desejável, economicamente viável e ambientalmente sustentável. Entretanto, sabe-se que a implantação da sustentabilidade ambiental depende de diversos fatores, como a redução de resíduos e poluições, o manejo dos recursos renováveis, a utilização eficiente de energia e materiais, bem como do investimento no reparo das áreas degradadas devido à extração e fabricação de materiais de construção, à execução das obras e à disposição dos resíduos gerados durante a construção (ROTH e GARCIAS, 2009).

Segundo o Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação na Construção (CIB, 2015), a indústria da construção civil se destaca como a grande consumidora de recursos naturais e geradora de resíduos, acarretando impactos significativos sobre o meio ambiente. Estima-se que esse setor seja responsável por, aproximadamente, 40% dos resíduos gerados (TELLO e RIBEIRO, 2012). Diante desse panorama, o setor da construção civil vem exigindo qualificações e técnicas mais aperfeiçoadas, eficientes e vantajosas para que a construção de um empreendimento cause o menor impacto ambiental possível. Pode-se mencionar o consumo racional de água e energia, a utilização de fontes renováveis de energia, a escolha de materiais com base no ciclo de vida, a racionalização do consumo dos recursos na etapa de construção, assim como a atenuação dos impactos dos canteiros de obras.

O gerenciamento dos resíduos oriundos desse setor objetiva garantir a correta gestão dos resíduos no decorrer das atividades recorrentes da execução das obras e dos serviços de engenharia. Esse processo se baseia especialmente nas estratégias de **não geração, minimização, reutilização, reciclagem e descarte apropriado** dos resíduos sólidos (grifo do autor). À vista disso, a gestão de resíduos opera como um grupo de ações operacionais que visa reduzir a geração de resíduos em um empreendimento ou atividade. (NAGALLI, 2014). A Figura 1 ilustra esses procedimentos:

Figura 1: Hierarquia do sistema de gerenciamento de resíduos



Fonte: NAGALLI (2014) adaptada pelo autor, 2015.

Dessa forma, a gestão integrada dos resíduos sólidos visa à busca de soluções para os resíduos gerados durante uma construção, considerando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social e, acima de tudo, sob a premissa do desenvolvimento sustentável (NAGALLI, 2014). Além disso, a gestão integrada dos resíduos sólidos objetiva minimizar os impactos provenientes dos canteiros de obras, como o acúmulo de resíduos de construção gerados durante a execução de uma obra, que podem acarretar a poluição do solo, das redes de infraestrutura e dos cursos d'água, assim como os incômodos sonoros e visuais, devido à utilização dos equipamentos e à poluição do ar (OLIVEIRA, 2011).

A gestão de resíduos de construção, segundo o *U.S. Green Building Council* (USGBC, 2015), consiste em transportar e/ou redirecionar materiais de construção, reforma, demolição e desconstrução tanto para o ciclo de manufatura como para doação, reaproveitamento ou reuso. De acordo com a Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (EPA, 1998),

A demolição de edificações é responsável por 48% da produção de lixo, o que equivale a 65 milhões de toneladas por ano; as reformas são responsáveis por 44%, ou 60 milhões de toneladas por ano; os 8% restantes, ou 11 milhões de toneladas por ano, vem de canteiros de obras. (KEELER e BURKE, 2010).

Os resíduos gerados nos canteiros de obras podem acarretar grandes impactos ambientais se não forem corretamente descartados ou reaproveitados. Dessa forma, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) elaborou a Resolução nº 307, publicada em 2002, estipulando diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, com o intuito de minimizar os impactos ambientais, classificando-os em quatro classes, descritos no Quadro 1.

Quadro 1: Classe de resíduos segundo a Resolução CONAMA nº 307

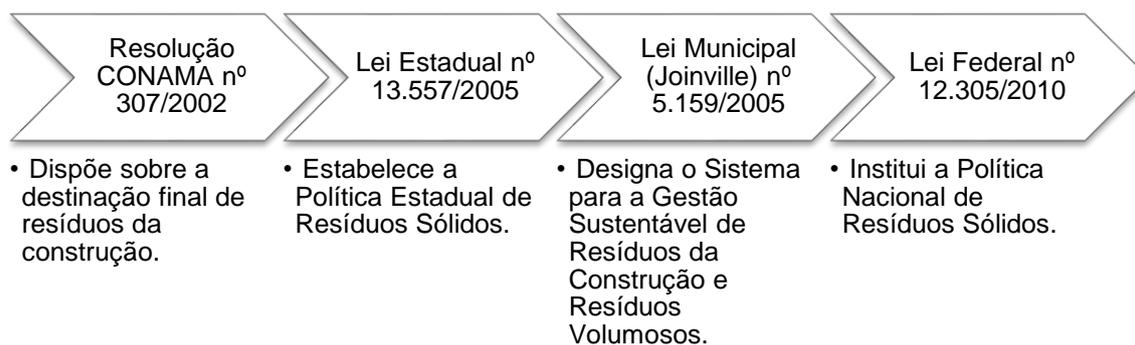
<b>Resolução CONAMA nº 307</b>		
<b>Classes de resíduos</b>	<b>Descrição</b>	<b>Exemplos</b>
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados.	Concreto, argamassa, componentes cerâmicos e solos provenientes de terraplenagem.
Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações.	Papéis, plásticos, vidros, metais, madeiras e gessos.
Classe C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que possibilitam a sua reciclagem ou recuperação.	Lã de vidro.
Classe D	Resíduos perigosos.	Tintas, solventes, óleos, vernizes e demais materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: MMA (2002) adaptado pelo autor, 2015.

Além da Resolução CONAMA nº 307, pode-se citar a Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, estipulando diretrizes para a gestão integrada, assim como o gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos, atribuindo responsabilidades aos geradores e ao poder

público; a Lei Estadual nº 13.557/2005, referente à Política Estadual de Resíduos Sólidos, que estabelece normas de prevenção à poluição, proteção e recuperação da qualidade do meio ambiente e da saúde pública, garantindo o uso apropriado dos recursos ambientais no Estado de Santa Catarina; e a Lei Municipal (Joinville) nº 5.159/2005, que designa o Sistema para a Gestão Sustentável de Resíduos da Construção e Resíduos Volumosos. A Figura 2 apresenta as leis em ordem cronológica:

Figura 2: Leis voltadas para a gestão de resíduos em ordem cronológica



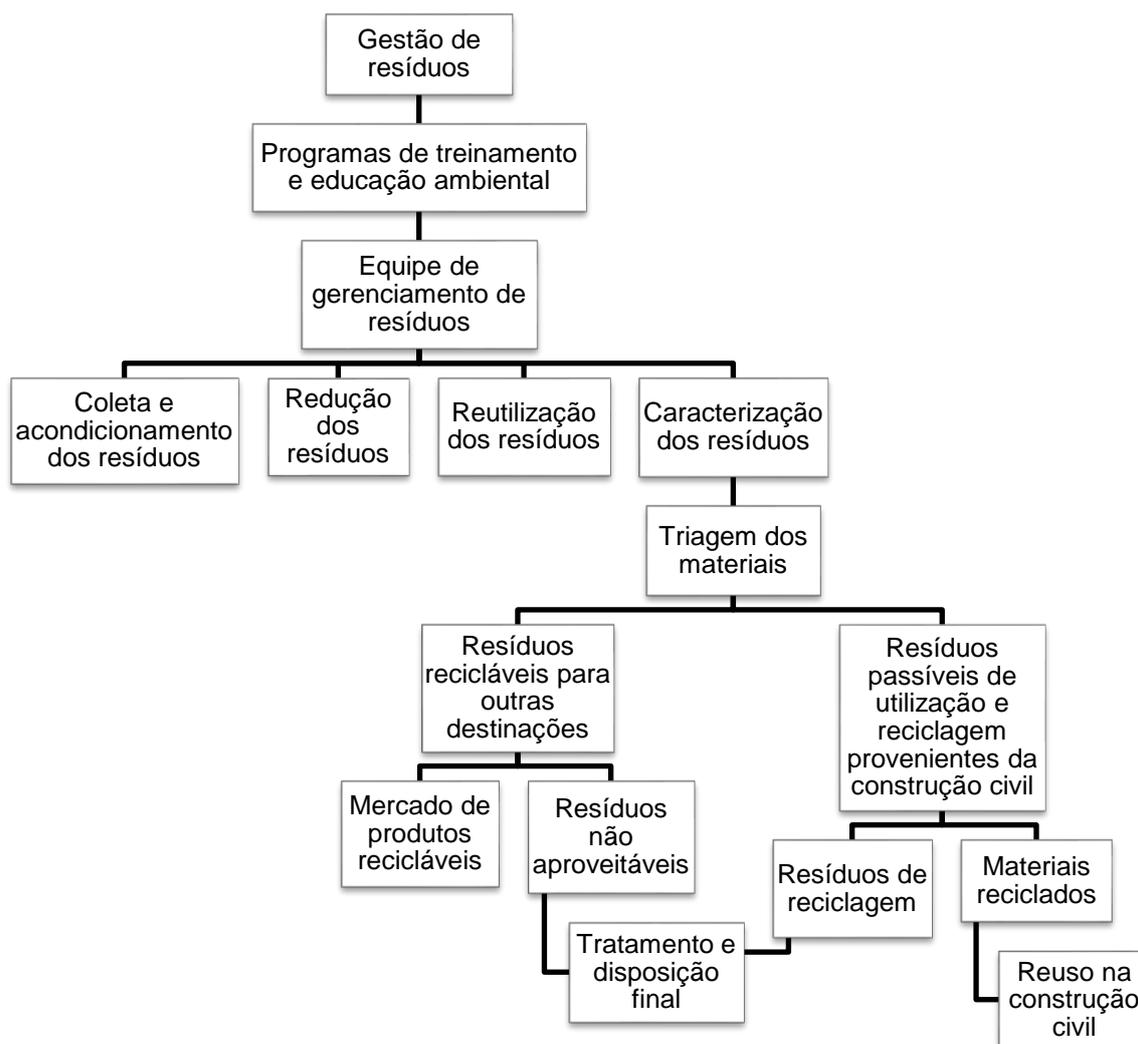
Fonte: MMA (2002); ABCM (2005); JOINVILLE (2005); MMA (2010) adaptada pelo autor, 2015.

O arranjo espacial das estruturas de um canteiro é de suma importância, pois permite o gerenciamento dos resíduos e materiais no canteiro de obras, uma vez que possibilita a redução de trajetos e fluxos de materiais (de forma a economizar tempo), bem como diminui o risco de acidentes e permite maior produtividade. É nessa etapa de planejamento do *layout* do canteiro que se aplica o método 5S, que se baseia em diretrizes gerais de organização do canteiro de obras, intituladas sentidos: sentido de utilidade, relacionado ao descarte dos materiais desnecessários; sentido de organização, referente à delimitação de formas e locais adequados para o armazenamento de materiais; sentido de limpeza, vinculado à eliminação de sujeiras; sentido de saúde, relativo à conservação das condições favoráveis à saúde e à segurança; e sentido de autodisciplina, associado ao comprometimento com a organização, a qualidade e o resultado (NAGALLI, 2014).

Outros procedimentos importantes são a coleta e o acondicionamento dos resíduos sólidos através de lixeiras e caçambas; a implantação de programas de treinamento e de educação ambiental, cruciais para que a gestão de resíduos seja executada de forma correta; a preparação de uma equipe de gerenciamento de resíduos, com o intuito de acompanhar e assegurar a efetiva implantação do gerenciamento dos resíduos no canteiro de obras, bem como propagar a política do

planejamento de modo que ela seja incorporada à cultura organizacional; além do controle dos recursos financeiros destinados à gestão dos resíduos provenientes do canteiro de obras, prevendo a aquisição de lixeiras e contêineres para a coleta seletiva e placas de sinalização nos orçamentos dos empreendimentos (NAGALLI, 2014). A Figura 3 resume os informes descritos nesse tópico:

Figura 3: Organograma da gestão de resíduos na construção civil



Fonte: NAGALLI (2014) adaptada pelo autor, 2015.

O conceito de qualidade aplicado no setor da construção civil vem modificando o cenário de gerenciamento de resíduos, uma vez que a preocupação com a redução de perdas nos canteiros de obras se torna cada vez maior. Estima-se que a cada metro quadrado construído, 150 kg de resíduos são gerados, podendo esses acarretar sérios problemas ambientais se não forem corretamente descartados. Sendo assim,

os profissionais da construção civil devem estar treinados para desenvolver as atividades de reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos em suas atmosferas de trabalho, a fim de fortalecer o desenvolvimento sustentável, uma vez que essa é a nova tendência da construção civil mundial (CABRAL e MOREIRA, 2011; PINTO, 2000).

## 2.1. CERTIFICAÇÕES PARA A AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Devido à preocupação com o meio ambiente e à busca pelo desenvolvimento sustentável no setor da construção civil, diversos países desenvolveram metodologias para certificar o grau de sustentabilidade de uma construção. A adoção de sistemas de avaliação e identificação do desempenho ambiental e da sustentabilidade de um empreendimento é uma das formas de estimular o uso de técnicas sustentáveis na construção civil, uma vez que essas metodologias permitem orientar o mercado quanto ao desempenho esperado para o empreendimento. É a partir de indicadores de desempenho que atribuem uma pontuação técnica em função do grau de atendimento a respectivos requisitos que a maioria dos sistemas de avaliação ambiental se baseia. Esses requisitos estão vinculados aos aspectos construtivos, climáticos e ambientais, e consideram não apenas a edificação em si, mas também o seu entorno e a relação com a cidade e o ambiente global (ARAÚJO, 2009; LEITE, 2011).

Com o intuito de estimar o grau de sustentabilidade na construção civil, diversos países elaboraram metodologias que permitem avaliar o desempenho ambiental e sustentável de uma construção. Dentre essas, as mais utilizadas mundialmente, conforme Cardoso *apud* Araújo (2009), são: *BREEAM – BRE's Environmental Assessment Method* (Reino Unido, 1990), *Certification Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE® Bureau et Enseignement* (França, 1996), *Green Building Challenge* (Consórcio internacional, 1996), *EcoHomes – The Environmental Rating for Homes* (Reino Unido, 2000), *LEED – Leadership in Energy and Environmental Design* (EUA, 2000), *CASBEE – Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (Japão, 2001), *Certification Habitat et Environnement* (França, 2003), *Green Star* (Austrália, 2003) e *AQUA – Alta Qualidade Ambiental* (Brasil, 2008).

### 2.1.1. *BREEAM – BRE's Environmental Assessment Method* (Reino Unido, 1990)

Essa metodologia avalia o quão sustentável é o empreendimento através do somatório de pontos provenientes de dez categorias com níveis de importância

distintos, sendo elas: gestão, saúde e bem estar, energia, transporte, água, lixo, poluição, uso do solo e ecologia, materiais e inovação, sendo esse último avaliado como bônus. Quanto maior for o valor do somatório, maior será o grau de sustentabilidade do empreendimento (ARAÚJO, 2009; JAGGER, 2011).

No que concerne ao canteiro de obras, a pontuação máxima possível é 70, de um total de 695, equivalendo a 11,7%. Os requisitos relacionados ao canteiro de obras abrangem dois referenciais: a gestão e a ecologia. A gestão está vinculada com a monitoração, triagem e reciclagem dos resíduos oriundos dos canteiros de obras, com as práticas relacionadas à redução dos riscos de poluição dos cursos d'água, das redes de infraestrutura, bem como do solo e do ar, com a utilização de madeira oriunda de práticas sustentáveis, e com o controle do pré-comissionamento, do comissionamento e da qualidade da obra. E no que diz respeito à ecologia, essa está associada com a conservação de árvores com troncos de diâmetros superiores a 100 mm, de lagoas e de córregos (ARAÚJO, 2009; JAGGER, 2011).

#### 2.1.2. *Certification Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE® Bureau et Enseignement* (França, 1996)

Esse sistema de certificação é baseado no desempenho do empreendimento, não existindo uma pontuação. Nessa metodologia, são considerados três níveis de desempenho: nível Base (B), quando os critérios avaliados estão de acordo com o regulamento ou são correspondentes às práticas habituais; nível Intermediário (I), quando a análise dos requisitos considerados resulta superior às práticas usuais, sendo esse um indicativo de boas práticas sustentáveis; e nível Superior (S), quando os critérios examinados superam as boas práticas, indicando um excelente desempenho do empreendimento. Para a certificação, o empreendimento deve apresentar, pelo menos, três subcategorias no nível Superior, quatro no nível Intermediário e sete no nível Base, considerando que as quatorze subcategorias estão divididas em quadro categorias: eco-construção, ecogestão, conforto e saúde (ARAÚJO, 2009; VALENTE, 2009).

No que diz respeito a canteiro de obras, essa metodologia apresenta uma subcategoria denominada “canteiro de obras com baixo impacto ambiental”, inserida na categoria “eco-construção”. Dentre as exigências relacionadas aos canteiros, podem ser citadas: a otimização da gestão de resíduos, realizando a correta quantificação, organização, triagem e acondicionamento desses resíduos, e a minimização dos incômodos, poluições e consumos gerados pelos canteiros, com a implantação de estratégias para limitar os incômodos sonoros e visuais, os devido à

circulação de veículos e à poeira, assim como os relacionados ao consumo de água e energia. A implantação de um Sistema de Gestão do Empreendimento também é uma exigência estabelecida pelo método, para garantir a continuidade das medidas estipuladas (ARAÚJO, 2009).

#### 2.1.3. *Green Building Challenge* (Consórcio internacional, 1996)

O *Green Building Challenge* é composto por seis categorias: uso de recursos, cargas ambientais, qualidade do ambiente interno, qualidade dos serviços, aspectos econômicos e gestão pré-ocupação (SILVA, V., 2007).

Em referência ao canteiro de obras, há três ponderações: redução da geração de resíduos sólidos através da implantação de um plano de gestão de resíduos, vinculado à categoria “cargas ambientais”; minimização dos impactos no terreno com um eficiente planejamento do processo de construção, associada à categoria “gestão pré-ocupação”; e redução dos índices de acidentes de trabalho durante as obras, relacionado à categoria “qualidade dos serviços” Quanto à pontuação, essa é atribuída segundo uma escala de graduação de desempenho que varia de -2, para desempenho insatisfatório, a +5, para desempenho-meta, sendo que a categoria “cargas ambientais” corresponde a 25% da pontuação total (SILVA, V., 2007).

#### 2.1.4. *EcoHomes – The Environmental Rating for Homes* (Reino Unido, 2000)

A estrutura do *EcoHomes* apresenta sete categorias: energia, transporte, poluição, materiais, água, uso do solo e ecologia e saúde e bem estar. As condições vinculadas aos canteiros de obras abrangem duas categorias: materiais, visando a redução dos impactos ambientais e a facilidade de reciclagem; e uso do solo e ecologia, que visa assegurar a proteção do ecossistema local (ECOHOMES, 2005; SILVA, V., 2007).

Com relação à pontuação, a categoria “materiais” corresponde a 14,98% do total, contabilizando 31 pontos, sendo que desses 31, 16 estão relacionados aos impactos ambientais dos materiais e 6, às facilidades de reciclagem. E no que diz respeito à categoria “uso do solo e ecologia”, essa equivale a 15,01% da pontuação total, ou 9 pontos, sendo que é atribuído 1 ponto para o item relacionado à proteção dos aspectos ecológicos (ECOHOMES, 2005; SILVA, V., 2007).

### 2.1.5. LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design* (EUA, 2000)

O *LEED* é constituído por seis categorias: sítios sustentáveis, uso eficiente da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade do ambiente interno e inovação e processo de projeto. Quanto à pontuação, a metodologia *LEED* apresenta quatro níveis de classificação: *LEED Certified*, com pontuação entre 26 e 32 pontos; *Silver*, de 33 a 38 pontos; *Gold*, entre 39 e 51 pontos; e *Platinum*, cuja pontuação é superior a 52 pontos, sendo o somatório máximo igual a 69 pontos (ARAÚJO, 2009; SILVA, V., 2007).

Em relação aos canteiros de obras, duas exigências são feitas: o controle de erosão e de assoreamento, vinculado à categoria “sítios sustentáveis”, com o intuito de monitorar essas ações, a fim de reduzir os possíveis impactos negativos na qualidade da água e do ar relacionado; e a gestão de resíduos do canteiro, associado à categoria “materiais e recursos”, que visa a implantação de um plano de gestão de resíduos de forma a direcionar os resíduos de construção e demolição para outros destinos que não sejam os aterros, bem como a adoção da logística reversa para os matérias recicláveis. (ARAÚJO, 2009; SILVA, V., 2007).

### 2.1.6. CASBEE – *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (Japão, 2001)

O *CASBEE* possui quatro categorias de avaliação: Eficiência Energética, Eficiência em Recursos, Qualidade do Ambiente Local e Qualidade do Ambiente Interno. Após analisar essas categorias, a metodologia as categoriza em Q (*Building environmental quality and performance*), estimando a qualidade ambiental e o desempenho da edificação; isto é, a melhoria na qualidade de vida dos usuários dentro do espaço fechado (propriedade privada), e em L (*Building environmental loadings*), avaliando os impactos ambientais negativos que vão além do espaço hipotético fechado (propriedade pública). A razão entre Q e L resulta no desempenho ambiental da edificação, denominado BEE (*Building Environmental Efficiency*). Quanto maior for o valor resultante, maior será o grau de sustentabilidade do empreendimento (ARAÚJO, 2009; JAGGER, 2011).

Com relação aos requisitos específicos relacionados aos canteiros de obras, essa metodologia incentiva a utilização de materiais reciclados, o reuso de componentes estruturais, assim como o uso de madeiras provenientes de florestas sustentáveis (ARAÚJO, 2009; JAGGER, 2011).

### 2.1.7. *Certification Habitat et Environnement* (França, 2003)

Essa metodologia considera três níveis de decisão: ambiente externo; ambiente interno no que se refere ao conforto e saúde dos ocupantes; e boas atitudes do empreendedor com relação a precauções e respeito ao ambiente. No que diz respeito ao referencial normativo, essa metodologia é constituída de sete categorias: gestão ambiental do empreendimento; canteiro de obras limpo; energia e redução do efeito estufa; cadeia produtiva / escolha de materiais; água; conforto e saúde; e gestos verdes (SILVA, V., 2007).

Na categoria “canteiro de obras limpo”, há cinco exigências: objetivos do empreendedor, que determina que o empreendedor inclua a questão ambiental no processo de contratação das empresas, assim como orienta que cada empresa defina um responsável ambiental para o canteiro; triagem de resíduos de demolição e construção, que exige que a construtora faça uma lista de resíduos gerados, separando-os por classes e incluindo as quantidades, de acordo com as etapas da obra, adicionando informações relativas às destinações finais, com uma estimativa dos custos correspondentes; organização do canteiro, que exige que o empreendedor estude a elaboração do canteiro antes do início da obra, de forma a atender os propósitos vinculados à minimização dos impactos ambientais; impactos ambientais do canteiro, que ordena que o empreendedor defina as disposições adequadas a serem implantadas para gerenciar os impactos ambientais do canteiro; e balanço ambiental do canteiro, que objetiva a avaliação dos esforços conduzidos e as disposições ambientais implantadas, além da sua efetividade. Dessa forma, possibilita-se a retroalimentação das informações, de modo a utilizar as experiências em outros canteiros de obras (ARAÚJO, 2009; SILVA, V., 2007).

Quanto à pontuação, cada uma das categorias recebe uma nota de 1 a 5 após a verificação dos critérios de avaliação específicos. A certificação é atribuída com base em ações de auditoria, avaliação e verificação (medidas *in situ*), sendo que o empreendimento deve atender, no mínimo, a seis categorias, considerando as categorias “gestão ambiental do empreendimento”, “energia e redução do efeito estufa” e “gestos verdes” obrigatórias (SILVA, V., 2007).

### 2.1.8. *Green Star* (Austrália, 2003)

A estrutura do *Green Star* é composta por oito categorias: gestão, ambiente interno, uso de energia, transporte, uso de água, uso de materiais, uso de solo e ecologia e poluição. A metodologia apresenta seis níveis de pontuação, sendo que

apenas os três níveis superiores são elegíveis a pontuação; ou seja, somente os empreendimentos reconhecidos e premiados com quatro (“práticas de excelência”), cinco (“excelência na Austrália”) e seis estrelas (“liderança em nível mundial”) recebem certificação. Quanto aos canteiros de obras, a categoria “gestão”, que representa 10% da pontuação total, introduz créditos para comissionamento e provisão de manuais e treinamento de usuário, assim como de gestão ambiental e de resíduos durante a construção (SILVA, V., 2007).

#### 2.1.9. AQUA – Alta Qualidade Ambiental (Brasil, 2008)

O AQUA é o primeiro certificado brasileiro voltado para construções sustentáveis, cujo referencial teórico foi adaptado da metodologia *Certification Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE® Bureau et Enseignement*, de origem francesa, considerando as peculiaridades brasileiras. Assim como na metodologia francesa, o processo de avaliação é feito por níveis: nível Base (B), quando os critérios avaliados estão de acordo com a norma ou são correspondentes às práticas usuais; nível Intermediário (I), quando a análise dos requisitos considerados resulta superior às práticas habituais, sendo esse um indicador de boas práticas sustentáveis; e nível Superior (S), quando os critérios examinados superam as boas práticas, indicando um excelente desempenho do empreendimento. Para receber a certificação, o empreendimento deve apresentar, pelo menos, três subcategorias no nível Superior, quatro no nível Intermediário e sete no nível Base (ARAÚJO, 2007).

A metodologia apresenta categorias semelhantes as da *Certification Bâtiments Tertiaires – Démarche HQE® Bureau et Enseignement*, como sítio e construção, gestão, conforto e saúde. Relacionado à categoria “sítio e construção”, encontra-se a subcategoria “canteiro de obras com baixo impacto ambiental”, visando o aprimoramento da gestão dos resíduos, assim como a atenuação dos incômodos, poluição e consumo de recursos gerados pelos canteiros de obras (ARAÚJO, 2007; FCAV - versão 2, 2013).

Abaixo, segue o Quadro 2 com a síntese das exigências estipuladas pelas metodologias de avaliação da sustentabilidade na construção civil vinculadas a canteiro de obras:

Quadro 2: Síntese das condições estabelecidas pelas metodologias de avaliação da sustentabilidade referente a canteiro de obras

Exigências relacionadas aos canteiros de obras	Metodologias								
	BREEAM	HQE®	Green Building Challenge	EcoHomes	LEED	CASBEE	Certification Habitat et Environnement	Green Star	AQUA
Gerenciamento de resíduos	X	X	X		X		X	X	X
Reciclagem dos resíduos	X			X	X				
Separação e quantificação dos resíduos							X		
Redução de poluição dos cursos d'água, das redes de infraestrutura, do ar e do solo	X	X							X
Avaliação dos custos de destinação dos resíduos							X		
Proteção e conservação do ecossistema local				X					
Uso de materiais reciclados						X			
Reuso de componentes estruturais						X			
Uso de madeira oriunda de florestas sustentáveis	X					X			
Minimização dos incômodos sonoros e visuais		X							X
Redução dos consumos de água e energia		X							X
Implantação de Sistema de Gestão do Empreendimento		X							
Implantação de plano de gestão de resíduos			X		X				
Controle da qualidade da obra	X							X	
Redução dos índices de acidentes			X						
Redução dos impactos ambientais no terreno			X	X			X		
Balanço ambiental do canteiro							X		
Organização do canteiro							X		

Fonte: ARAÚJO (2007), ECOHOMES (2005), FCAV – versão 2 (2013), JAGGER (2011), SILVA, V. (2007) e VALENTE (2009) adaptado pelo autor, 2015.

O Quadro 2 evidencia a preocupação dos sistemas de avaliação ambiental e de sustentabilidade com relação ao gerenciamento de resíduos gerados nos canteiros de obras, visando a minimização dos impactos ambientais no terreno e no meio ambiente, de modo a reduzir a poluição dos cursos d'água, das redes de infraestrutura, do solo e do ar.

No que se refere à metodologia com o maior número de exigências cumpridas, percebe-se que o sistema de avaliação francês *Certification Habitat et Environnement* é o que mais se destaca dentre os demais, pois preocupa-se com o gerenciamento, a separação e quantificação, bem como com a avaliação dos custos de destinação dos resíduos gerados em uma obra, de forma a reduzir os impactos ambientais no terreno. Além disso, a metodologia prioriza a organização eficiente do canteiro e a realização de balanço ambiental na área de construção.

Contudo, vale salientar que o sistema de avaliação brasileiro AQUA apresenta considerações relevantes no que diz respeito aos canteiros de obras, pois visa, além do gerenciamento de resíduos, a diminuição de poluição, dos incômodos visuais e sonoros, bem como a minimização dos consumos de água e energia nos canteiros, sendo essa metodologia comumente utilizada no Brasil.

Além das metodologias de avaliação da sustentabilidade citadas nesse tópico, há também os processos de gestão da qualidade, que contribuem para a gestão sustentável dos canteiros, visando a redução do desperdício e do retrabalho nas obras, a padronização dos processos produtivos, assim como a melhoria na organização dos canteiros de obras e na segurança do trabalho. Existe também o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade da Habitação (PBQP-H), que tem como meta estabelecer sistemas nacionais de certificação de qualidade, organizar o setor da construção civil em torno da melhoria da qualidade do habitat, incentivar a modernização tecnológica, organizacional e gerencial do setor da habitação, bem como estipular critérios para a gestão de resíduos, a fim de minimizar o desperdício dos materiais provenientes dos canteiros de obras (BARONE, 1999).

### **3. CANTEIRO DE OBRAS**

Segundo a Norma Brasileira 12.284/1991, referente às áreas de vivência em canteiros de obras, um canteiro de obras é uma área destinada à execução e apoios dos trabalhos da indústria da construção, dividindo-se em áreas operacionais e áreas de vivência. As áreas operacionais são aquelas nas quais se desenvolvem as operações de trabalho diretamente relacionadas à produção, enquanto as áreas de

vivência destinam-se a suprir as necessidades básicas humanas de alimentação, higiene pessoal, lazer, descanso, convivência e ambulatoriais, devendo ficar fisicamente separadas das áreas operacionais.

Com relação aos tipos de canteiros, esses podem ser de três tipos: restritos, amplos e longos e estreitos. O Quadro 3 caracteriza cada um deles:

Quadro 3: Tipos de canteiros de obras

<b>Tipos de canteiros de obras</b>	
Restritos	A construção tende a ocupar uma alta porcentagem do terreno, restringindo os acessos. Exemplos que podem ser citados são as construções localizadas nos centros das cidades, as reformas e as ampliações.
Amplos	A construção ocupa uma parcela relativamente pequena do terreno, possibilitando a existência de áreas de armazenamento e acomodação dos trabalhadores, bem como o acesso de veículos. Construção de plantas industriais, assim como obras de barragens ou usinas hidrelétricas são exemplos de canteiros de obras amplos.
Longos e estreitos	A construção é estreita em apenas uma das dimensões, possibilitando acessos em poucos pontos do canteiro. Obras em estradas de ferro, redes de esgoto e petróleo são exemplos de canteiros longos e estreitos.

Fonte: SAURIN e FORMOSO (2006) adaptado pelo autor, 2015.

Devido ao fato do canteiro de obras restrito ser comumente implantado em áreas urbanas, as construções tendem a ocupar uma parcela relativamente alta do terreno com o intuito de maximizar a sua rentabilidade. Por conta disso, esse tipo de canteiro é o que exige um maior cuidado no planejamento, devendo-se iniciar a obra pela divisa mais crítica, para evitar a realização de trabalhos em tal divisa nas fases subsequentes da execução, quando a construção de outras partes da edificação dificulta o acesso a esse local. Outro procedimento aconselhável é a criação de espaços utilizáveis no nível do térreo tão cedo quanto possível, de modo a facilitar a locação das instalações provisórias e de armazenamento, além dos acessos de veículos e pessoas (SAURIN e FORMOSO, 2006).

No que diz respeito às regulamentações voltadas para canteiros de obras, existe a Norma Reguladora 10 (MTE, 2004), vinculada à segurança em instalações e serviços com eletricidade, que estipula as condições mínimas com relação à implantação de medidas de controle e sistemas preventivos em instalações elétricas, a fim de assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores. Há também a Norma Reguladora 18 (MTE, 2013), que estabelece as condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção e estipula diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que visam a implementação de medidas de controle e

sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho no setor da construção. A seguir, o Quadro 4 sintetiza as informações normatizadas referentes aos canteiros de obras:

Quadro 4: Normas referentes aos canteiros de obras

<b>Canteiro de obras</b>			
Área destinada à execução e apoios dos trabalhos da indústria da construção.			
<b>NBR 12.284/1991</b>			
Estabelece critérios mínimos para a permanência de trabalhadores nos canteiros de obras (alojados ou não);			
Divide o canteiro de obras em duas áreas:			
Áreas operacionais	Portaria	Áreas de vivência	Alojamento
	Escritório		Vestiário
	Almoxarifado		Instalações sanitárias
	Depósito de materiais		Refeitório
	Central de concreto		Cozinha (quando houver preparo de refeições)
	Central de argamassa		Lavanderia
	Central de armação		Área de lazer
	Central de fôrmas		Ambulatório (para frentes de trabalho com 50 ou mais trabalhadores)
	Central de montagem de instalações e esquadrias		
	Central de pré-moldados		
<b>NR 10/2004</b>			
Estipula as condições mínimas com relação à implantação de medidas de controle e sistemas preventivos em instalações elétricas, com o intuito de assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores, tais como:			
- Uso de vestimenta adequada para a realização dos trabalhos, considerando a condutividade, a inflamabilidade e as influências eletromagnéticas;			
- Utilização de equipamentos e ferramentas elétricas compatíveis com a instalação elétrica existente;			
- Proteção contra incêndio e explosão das áreas onde houver instalações ou dispositivos elétricos.			
<b>NR 18/2013</b>			
Fixa diretrizes que visam a execução de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção, como:			
- Garantir a saúde e integridade dos trabalhadores;			
- Definir atribuições e responsabilidades às pessoas que administram;			
- Fazer previsão dos riscos que derivam do processo de execução das obras;			
- Determinar medidas de proteção e prevenção que evitem ações e situações de risco;			
- Aplicar técnicas de execução que reduzam ao máximo os riscos de acidentes e doenças.			

Fonte: ABNT (1991), MTE (2004) e MTE (2013) adaptado pelo autor, 2015.

O planejamento de um canteiro de obras pode ser definido como o planejamento do layout e da logística das suas instalações provisórias, instalações de segurança e sistema de movimentação e armazenamento de materiais. O planejamento do layout, que envolve a delimitação do arranjo físico de trabalhadores, materiais, equipamentos, áreas de trabalho e de estocagem, deve estar integrado ao planejamento da logística, que estipula as condições de infraestrutura necessárias para o desenvolvimento do processo produtivo desempenhado no canteiro de obras. Dessa forma, o processo de planejamento visa obter a melhor utilização do espaço físico disponível, de modo a permitir que homens e máquinas possam exercer as suas funções com segurança e eficiência, reduzindo as movimentações de materiais, componentes e mão de obra (FRANKENFELD *apud* SAURIN e FORMOSO, 2006).

O bom desempenho do canteiro está especificamente vinculado à qualidade (precisão, volume e velocidade) das informações adquiridas junto às etapas de planejamento, que vão nortear a sua elaboração, de modo a facilitar o desenvolvimento das atividades que serão realizadas no canteiro de obras. (OLIVEIRA, 2001). O planejamento de um canteiro é um processo gerencial que inclui etapas de coleta de dados e avaliação do planejamento. Segue abaixo o Quadro 5 sintetizando essas informações:

Quadro 5: Etapas do planejamento de canteiro de obras (continua)

<b>Planejamento do canteiro de obras</b>	
Diagnóstico de canteiros existentes	Ampla análise qualitativa do canteiro, no âmbito da logística e do <i>layout</i> , através de uma lista de verificação;
	Elaboração de croqui do <i>layout</i> ;
	Registro fotográfico.
Padronização das instalações e procedimentos de planejamento	Avaliação de quais são os serviços e procedimentos comuns passíveis de padronização, de modo a facilitar as atividades de planejamento, controle e execução.
Planejamento do canteiro de obras propriamente dito	Coleta e análise de informações referentes ao programa de necessidades do canteiro, onde serão listadas as instalações com uma estimativa das suas respectivas áreas;
	Informações sobre o terreno e o entorno da obra;
	Principais tecnologias construtivas adotadas;
	Cronograma de mão de obra, estimando o número de operários;
	Cronograma físico da obra, permitindo análises de atrasos ou adiantamento de serviços;
	Consulta ao orçamento com base no levantamento dos quantitativos de materiais e no cronograma físico.

Fonte: SAURIN e FORMOSO (2006) adaptado pelo autor, 2015.

Quadro 5: Etapas do planejamento de canteiro de obras (conclusão)

Planejamento do canteiro de obras			
Manutenção organização canteiros	da dos	<b>Princípios do programa 5S</b>	
		Senso de utilidade	Identificar materiais que são desnecessários no local de trabalho e encaminhá-los para o descarte.
		Senso de organização	Estabelecer lugares certos para cada objeto, reduzindo o tempo de busca pelos mesmos, assim como o etiquetamento de prateleiras de materiais no almoxarifado.
		Senso de limpeza	Tornar o ambiente mais agradável e facilitar a manutenção dos equipamentos e ferramentas.
		Senso de saúde	Conscientizar os trabalhadores acerca da importância de manter a higiene individual, além de manter condições ambientais satisfatórias de trabalho, tais como níveis de ruído, iluminação e de temperatura.
		Senso de Autodisciplina	Desenvolver a responsabilidade individual e a iniciativa dos trabalhadores, através do uso de equipamentos de proteção individual.

Fonte: SAURIN e FORMOSO (2006) adaptado pelo autor, 2015.

No que diz respeito à escolha da tipologia das instalações provisórias, leva-se em consideração critérios como custos de aquisição, implantação e manutenção, reaproveitamento, durabilidade, facilidade de montagem e desmontagem, assim como isolamento térmico e impacto visual. O Quadro 6 resume as informações relatadas sobre a tipologia das instalações provisórias:

Quadro 6: Tipologia das instalações provisórias (continua)

Tipologia das instalações provisórias	
Sistema racionalizado em chapas de compensado	<b>Descrição:</b>
	Módulos de chapa de compensado resinado, com espessura mínima de 14 mm, conectadas por parafusos, de modo a facilitar a montagem e desmontagem.
	<b>Requisitos:</b>
	Utilização de chapas galvanizadas ou pintura impermeável para proteger as paredes das instalações sanitárias contra a umidade;
	Execução da cobertura com telhas de zinco;
Sistema de contêineres	Pintura dos módulos nas duas faces e a selagem dos topos das chapas de compensado.
	<b>Descrição:</b>
	Os contêineres possuem dimensões iguais a 2,4m x 6,0m ou 2,4m x 12,0m, sendo ambos com altura de 2,6m.
	Facilidade do processo de montagem e desmontagem;
Possibilidade de arranjos internos diversificados.	

Fonte: SAURIN e FORMOSO (2006) adaptado pelo autor, 2015.

Quadro 6: Tipologia das instalações provisórias (conclusão)

<b>Tipologia das instalações provisórias</b>	
Sistema de contêineres	<b>Requisitos:</b>
	Pintura externa na cor branca, execução de telhado sobre o contêiner e implantação de uma ventilação natural, visando reduzir a temperatura interna;
	Aterramento da estrutura do contêiner, para evitar choques elétricos.
Instalações de alvenaria	Utilizadas quando as instalações provisórias podem se tornar permanentes após a conclusão da obra.

Fonte: SAURIN e FORMOSO (2006) adaptado pelo autor, 2015.

A implantação de um bom arranjo físico, decidido por meio de um planejamento de *layout* de canteiro adequado, é de extrema importância para o desenvolvimento das atividades a serem realizadas em um canteiro de obras. É através desse planejamento que os serviços serão executados de maneira eficiente, de forma a minimizar as perdas de materiais e economizar tempo na realização das atividades; e segura, sendo a segurança um dos requisitos essenciais no canteiro de obras (SAURIN e FORMOSO, 2006).

Com relação aos resíduos oriundos dos canteiros de obras, esses podem ter diversas destinações, podendo ser alguns deles reutilizados na própria obra ou em obras futuras, tais como: materiais e outros componentes reutilizáveis, como tijolos e blocos, que podem ser reutilizados em etapas posteriores, e madeiras, metais e plásticos, que podem ser deslocados para outros canteiros, além de argamassa, alvenaria e concreto, que podem ser triturados e reutilizados como agregado. Entretanto, resíduos perigosos, como produtos inflamáveis, químicos, baterias e lâmpadas, devem ser corretamente descartados, a fim de evitar a contaminação do meio ambiente, assim como rejeitos, tais como gesso, concreto celular e solo contaminado, que precisam ser enviados a bota-foras ou outro tipo de destinação (PINTO, 2007).

No que se refere à utilização de materiais recicláveis de canteiros de obras, esses podem ser empregados na reconstituição de terrenos, na execução de estacas ou sapatas para muros com pequenas cargas, no assentamento de blocos e tijolos, em vergas e pequenas colunas de concreto com baixa sollicitação, em enchimentos em alvenaria, bem como em revestimentos internos e externos em alvenaria (GRIGOLI, 2001a. e GRIGOLI, 2001b. *apud* CUNHA, 2007).

Assim sendo, percebe-se o quão importante é a presença da engenharia dentro de um canteiro de obras, uma vez que essa atua nas áreas de planejamento, logística e gestão do espaço, visando um eficiente arranjo físico que permita a execução eficaz dos serviços, além da gestão dos resíduos gerados durante a construção de uma obra, de forma a atenuar os possíveis impactos gerados no meio ambiente.

### 3.1. CANTEIRO EXPERIMENTAL

Um canteiro experimental pode ser definido com um laboratório didático que, devido à sua configuração, simula as atividades que serão desenvolvidas em um canteiro de obras padronizado. As transformações que o espaço do canteiro experimental pode trazer para o ensino acadêmico e o desenvolvimento gerado nos alunos entre o pensar e o fazer tem sido amplamente discutido e relatado ao longo dos anos (LOTUFO, 2014).

De acordo com Ronconi (2008), um canteiro experimental não é um ambiente destinado ao aprendizado de técnicas de construção, mas sim um local de formação que, por intermédio da prática construtiva, possibilite ao aluno confrontar problemáticas de variadas disciplinas. Dessa forma, acredita-se que com a aplicação dessa metodologia de ensino prático, o acadêmico tem a possibilidade de uma educação integralizada, uma vez que as descobertas e constatações que resultaram do experimento alimentam várias áreas do saber com mais eficiência e durabilidade que as atividades teórico-conceituais.

O canteiro experimental é um espaço que possibilita a invenção e experimentação empírica de materiais, formas, processos e métodos, bem como a averiguação de novos arranjos espaciais e físicos, de modo a desenvolver e melhorar o meio ambiente. Contudo, vale ressaltar que exercícios idênticos ou similares aos desenvolvidos em laboratórios de práticas de construção ou em um canteiro de obras convencional não são condizentes com o propósito de um canteiro experimental. Essas atividades também são muito importantes e necessárias como recurso didático-pedagógico, mas a preocupação pedagógica com relação ao canteiro experimental deve ser a de se ater à reflexão e criatividade quanto à busca de técnicas e formas diferentes para a resolução dos problemas de engenharia, assim como os vinculados aos projetos propostos (PISANI, CÔRREA, CALDANA, VILLÀ e GRAZIOSI, 2006).

O aprendizado inicial das atividades de construção, através do contato com o manejo das ferramentas e das técnicas construtivas, possibilita a materialização de

projetos inovadores. Entretanto, vale ressaltar que os acadêmicos recebem a orientação dos professores para o desenvolvimento das atividades a serem concebidas no canteiro, que atuam como instrutores, e não como executores (PISANI, CÔRREA, CALDANA, VILLÀ e GRAZIOSI, 2006).

Com relação à estrutura de um canteiro experimental, essa pode ser composta por uma área descoberta ou coberta com pé direito de, no mínimo, 6 m, de forma a possibilitar o desenvolvimento de atividades de grande porte. Estima-se que a área desses canteiros experimentais tenha entre 300 m<sup>2</sup> e 10.000 m<sup>2</sup>. Fatores como o tipo de atividade a ser realizada, bem como o número de acadêmicos que utilizarão o espaço definem o tamanho a ser projetado. Torna-se interessante, também, a implantação de um ateliê de modelações nesse espaço, para que, junto com um docente, os acadêmicos possam discutir as técnicas a serem empregadas no canteiro experimental. A locação de um almoxarifado para o depósito de materiais, equipamentos e outros instrumentos também se faz necessária, visto que esse será um local de experimentação e desenvolvimento de novas técnicas construtivas (PISANI, CÔRREA, CALDANA, VILLÀ e GRAZIOSI, 2006).

A coerência de associar o canteiro experimental ao projeto didático-pedagógico do curso é de extrema relevância para a implantação desse tipo de espaço em uma instituição de ensino, assim como a escolha do local ideal para a implantação desse canteiro, considerando todas as suas implicações, como descarga de material, geração de entulhos, e outros aspectos relevantes. A existência de um projeto levando em consideração a instalação de equipamentos básicos e a possível base para o atendimento de necessidades especiais, sem vincular os equipamentos a uma única metodologia construtiva é, também, um fator importante para a concepção do canteiro. Além desses fatores, a existência de previsão orçamentária para a conservação do espaço, independente de recursos oriundos de financiamentos para pesquisas, é de grande significância para que o projeto do canteiro seja bem sucedido (RONCONI, 2005). O Quadro 7 sintetiza as informações relacionadas à implantação de um canteiro experimental em uma instituição de ensino:

Quadro 7: Requisitos propostos para a implantação de um canteiro experimental em uma instituição de ensino

<b>Requisitos sugeridos para a introdução de um canteiro experimental</b>
• Escolha de um local apropriado para a implantação do canteiro;
• Estrutura com área entre 300 m <sup>2</sup> e 10.000 m <sup>2</sup> composta por uma área descoberta ou coberta com pé direito de, pelo menos, 6 m, para a realização de atividades de grande porte;
• Dimensionamento espacial adequado com o número de acadêmicos do curso;
• Implantação de um ateliê de modelações no espaço;
• Locação de um almoxarifado para depositar os materiais e outros equipamentos utilizados durante as experimentações;
• Existência de previsão orçamentária para a preservação do espaço, independente de recursos oriundos de financiamentos para pesquisas.

Fonte: RONCONI (2005) adaptado pelo autor (2015).

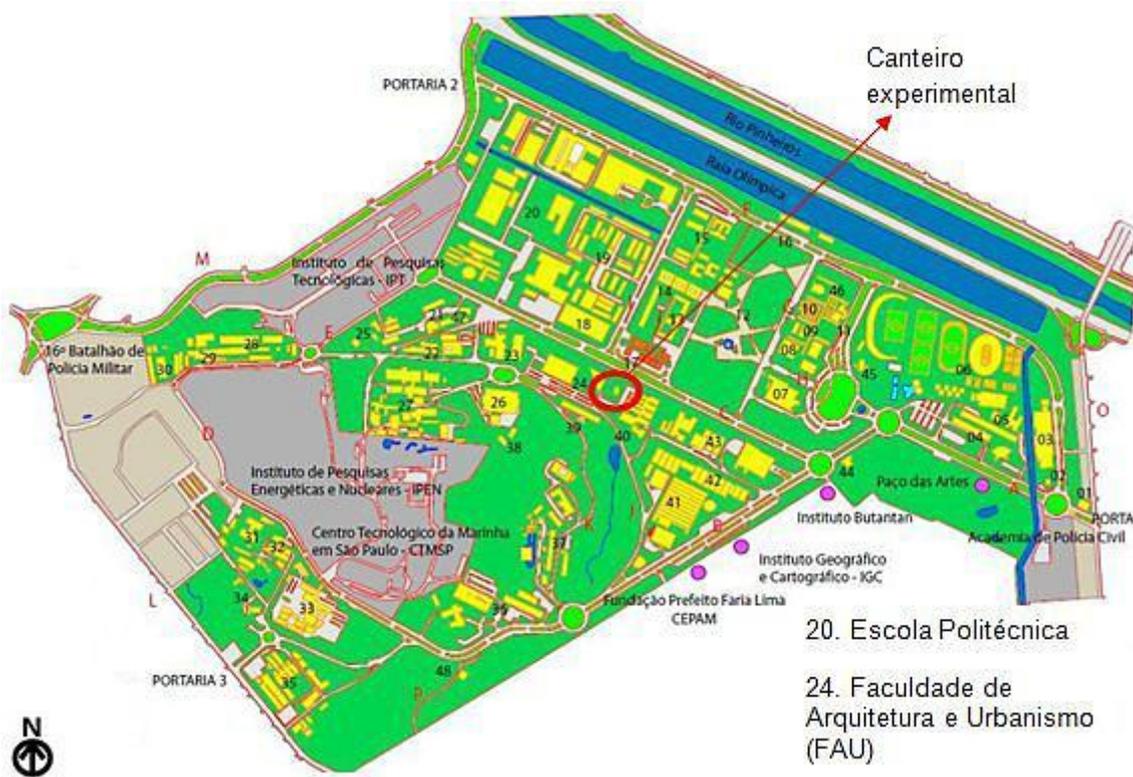
A transferência da ideia para a materialização do protótipo, através dos métodos desenvolvidos e experimentados, confere ao canteiro experimental um ambiente de reconstrução de conhecimentos, permitindo a invenção, a correção e o aprimoramento das técnicas construtivas desenvolvidas nesse espaço, de forma a fazer com que o acadêmico adquira novos conhecimentos e busque novas soluções para os problemas de engenharia. Contudo, para que o canteiro experimental cumpra com as suas funções, os requisitos sugeridos no Quadro 7 são de extrema importância, pois norteiam quanto à instalação e manutenção desse ambiente nas instituições de ensino. (RONCONI, 2005).

### 3.1.1. Exemplos de canteiros experimentais e laboratórios de construção civil

#### 3.1.1.1. Canteiro experimental da FAUUSP

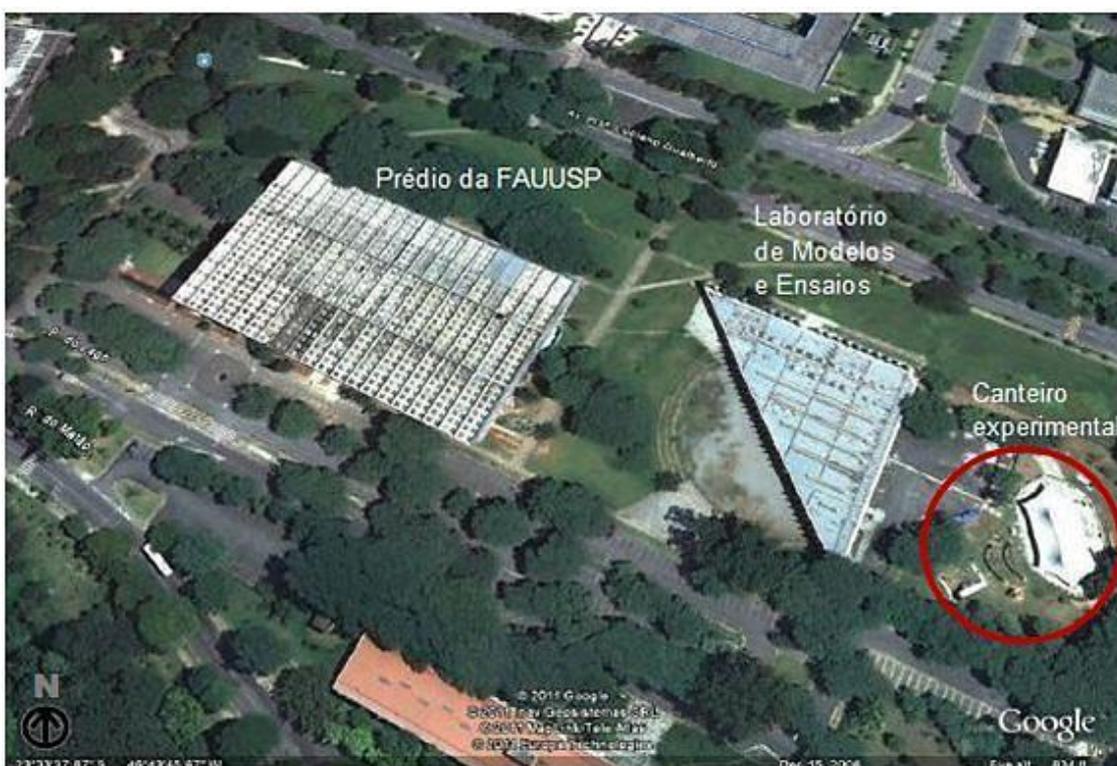
O canteiro experimental da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), inaugurado em 1998, foi implantado próximo das instalações do Laboratório de Modelos e Ensaios (Figura 4 e Figura 5), conferindo-lhe uma localização muito favorável, pois se trata de uma oficina completa, com técnicos especializados e com grande habilidade profissional (RONCONI, 2005).

Figura 4: Mapa da cidade universitária da USP



Fonte: <http://www.usp.br/mapas/mapas/pdf/cidadeuniversitaria.pdf>

Figura 5: Localização do canteiro experimental da FAUUSP



Fonte: Google Earth, 2011

O canteiro (Figura 6 e Figura 7), que comporta até 150 alunos, ocupa uma área total de 3.000 m<sup>2</sup> e possui 380 m<sup>2</sup> de área coberta por uma lona tensionada, onde estão abrigados equipamentos como: betoneiras; mesa vibradora, utilizada para a realização dos trabalhos com argamassa armada e pré-moldados de concreto; baias para guardar materiais (pedras, solos, areias etc.) e resíduos (Figura 8.a); triturador de entulhos, de modo a permitir a reutilização dos resíduos gerados (Figura 8.b), tanques para cura submersa, preparados para receber cura a vapor; e prensa para produção de blocos de terra compactada, além de salas onde se pode trabalhar com resinas e argilas. Ademais, o canteiro possui um espaço destinado ao armazenamento de ferramentas, como pás, enxadas, martelos, trenas, dentre outros, e equipamentos de segurança, tais como capacetes, óculos de proteção e máscaras. (RONCONI, 2002; RONCONI, 2005).

Figura 6: Canteiro experimental (vista sentido leste)



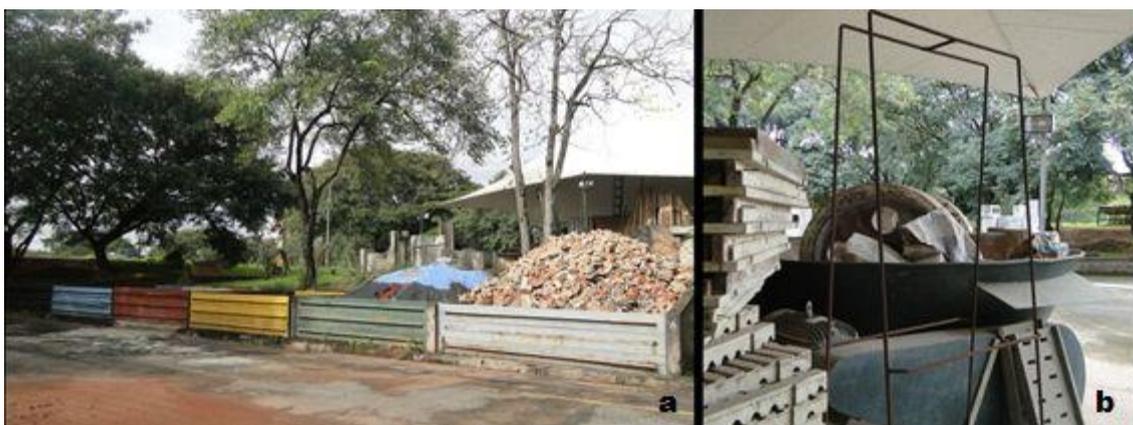
Fonte: Pfützenreuter, 04/05/2015

Figura 7: Canteiro experimental (vista sentido norte)



Fonte: Pfützenreuter, 04/05/2015

Figura 8: Baias para guardar materiais e resíduos (a) e triturador de entulhos (b)



Fonte: Pfützenreuter, 04/05/2015

A inclusão do canteiro experimental no processo pedagógico da instituição está vinculada diretamente a três disciplinas no Departamento de Tecnologia da Arquitetura: Construção do Edifício I, Construção do Edifício II e Técnicas Alternativas de Construção, sendo as duas primeiras obrigatórias no primeiro e no segundo semestre do curso, e a última, optativa para os alunos das fases finais. Nas duas primeiras disciplinas, metade do curso é teórico-expositivo e a outra parte, de prática construtiva, dividida em duas etapas: projeto no ateliê e construção no canteiro. Com relação à última disciplina, essa já se inicia no ateliê de projeto e, posteriormente, direciona os acadêmicos para o canteiro experimental (LOTUFO, 2014).

A disciplina Construção de Edifícios I inicia-se em sala de aula, mas em todas as aulas são realizadas simulações práticas de elementos construtivos e sistemas simples de estrutura, com o intuito de fazer com que os acadêmicos reconheçam a construção por meio das relações entre forma e estrutura. No final da disciplina, os trabalhos acontecem no canteiro experimental, onde os alunos podem desenvolver novas técnicas construtivas através da criação de projetos. Já em Construção de Edifícios II, as aulas se iniciam de maneira semelhante à disciplina Construção de Edifícios I, porém são trabalhados exemplos um pouco mais complexos. Após adquirir conhecimentos sobre os processos, componentes e técnicas, os acadêmicos são encaminhados para o canteiro experimental para a materialização de um projeto. E, por fim, em Técnicas Alternativas de Construção, os alunos devem construir no canteiro experimental alguma parte de um edifício baseando-se da metodologia PBL (*Problem Based Learning*, ou aprendizado baseado em problema). Para tanto, é necessário a realização de um projeto, bem como um cronograma de trabalho, além do desenvolvimento de pesquisas sobre o método escolhido. Após essa etapa, o projeto é construído e, ao final, uma autoavaliação sobre como foi o aprendizado dentro de todo o processo é realizada. (LOTUFO, 2014).

Nesse espaço intitulado canteiro experimental, que já foi utilizado para o desenvolvimento de trabalhos de iniciação científica, mestrados, doutorados e projetos de cultura e extensão, os alunos da FAUUSP podem trabalhar com tijolos, blocos cerâmicos, cimento, areia, barras e telas de aço, espaçadores plásticos, entre outros materiais utilizados na construção civil. Os projetos desenvolvidos demandam serviços auxiliares para a confecção de fôrmas, gabaritos, estruturas de apoio, bem como a utilização de instrumentos como colheres de pedreiro, mangueira de nível e carrinhos para transporte. Dentre as técnicas construtivas desenvolvidas nesse canteiro experimental, estão: argamassa armada, alvenaria portante, alvenaria armada e ferro cimento (RONCONI, 2005).

Um aspecto importante relacionado a esse canteiro diz respeito à preocupação em reutilizar os resíduos oriundos das experimentações. Esses resíduos de construção são armazenados em uma baia específica, (Figura 8.a, página 34), e posteriormente são enviados para o triturador de entulhos (Figura 8.b, página 34), onde são triturados e reaproveitados nas atividades posteriores. Desse modo, além do espaço incentivar a experimentação de novas técnicas construtivas, esse ainda reforça a importância de se reaproveitar os materiais, a fim de contribuir para o desenvolvimento sustentável.

### 3.1.1.2. Canteiro experimental da UP

O canteiro experimental instalado na Universidade Positivo, em Curitiba, permite a acomodação de até 50 alunos e é uma extensão do laboratório de construção onde, na área coberta, os acadêmicos do curso de Engenharia Civil tem contato com diversos materiais de construção e podem realizar as atividades práticas de construção civil, como a produção de argamassa e concreto (Figura 9), e a realização dos ensaios de rupturas dos corpos de provas, além da confecção de estruturas de alvenaria (Figura 10), e na área descoberta, desenvolver experimentos relacionados às metodologias de construção civil (Figura 11).

Figura 9: Laboratório de construção da UP



Fonte: Pfützenreuter, 04/05/2015

Figura 10: Confeção de estruturas de alvenaria



Fonte: Pfützenreuter, 04/05/2015

Figura 11: Espaço destinado ao canteiro experimental



Fonte: Pfützenreuter, 04/05/2015

Ademais, o espaço apresenta um ambiente organizado, onde cada ferramenta utilizada para o desenvolvimento das atividades é guardada em um local específico (Figura 12), assim como os materiais de construção empregados nos trabalhos realizados (Figura 13).

Figura 12: Áreas destinadas às ferramentas de construção civil



Fonte: Pfützenreuter, 04/05/2015

Figura 13: Espaço destinado aos materiais e outros instrumentos de construção



Fonte: Pfützenreuter, 04/05/2015

Além das atividades comumente desenvolvidas no laboratório de construção, o curso ainda possibilita que os alunos confeccionem canoas de concreto para participarem da competição de velocidade, realizada desde 2004 no lago do campus. A construção das canoas de concreto objetiva proporcionar aos acadêmicos a oportunidade de elaborar um projeto moderno utilizando os conhecimentos adquiridos no laboratório de construção e no canteiro experimental (Universidade Positivo, 2015).

No entanto, vale salientar que esse canteiro experimental, diferentemente do canteiro instalado na FAUUSP, não apresenta nenhuma metodologia voltada para a gestão de resíduos provenientes das atividades desenvolvidas nesse espaço. Esses resíduos são armazenados em caçambas e, posteriormente, enviados para a

destinação final, não sendo em nenhum momento reaproveitados para a realização de atividades futuras no canteiro experimental.

### 3.1.1.3. Laboratório de materiais de construção da UNISOCIESC

O laboratório de materiais de construção instalado na UNISOCIESC, em Joinville, é uma área destinada às práticas construtivas que comporta até 25 alunos, onde os acadêmicos do curso de Engenharia Civil podem, no espaço interno, confeccionar argamassas e blocos de concreto, cujos corpos de provas são submetidos a ensaios de ruptura para análise de resistência, e, no espaço externo, desenvolver atividades no chamado “canteiro experimental”<sup>1</sup>, onde é possível construir paredes de alvenaria (Figura 14) e desenvolver outras técnicas de construção civil.

Figura 14: Área externa destinada às práticas de construção civil



Fonte: do autor, 06/05/2015

Para dar suporte ao laboratório, o ambiente dispõe de espaços específicos para o armazenamento de materiais e ferramentas (Figura 15), e baias para guardar britas de diferentes granulometrias (Figura 16), além de um quadro com instruções sobre quais equipamentos de proteção individual devem ser utilizados em cada etapa de uma obra (Figura 17).

---

<sup>1</sup> A instituição de ensino o intitula canteiro experimental, mas o espaço em questão é apenas

Figura 15: Áreas destinadas aos materiais e ferramentas de construção



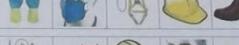
Fonte: do autor, 06/05/2015

Figura 16: Baias para guardar britas com diferentes granulometrias



Fonte: do autor, 06/05/2015

Figura 17: Quadro de instruções relacionando as etapas de uma obra e os equipamentos de segurança necessários

Relação de etapas da obra X Equipamentos necessários	
Movimentação de Terra	
Instalação do Canteiro de Obra	
Serviços Preliminares	
Fundações	
Estrutura	
Paredes e Painéis	
Revestimento de Paredes	
Cobertura	
Esquadrias e Vidros	
Limpeza Final	

Fonte: do autor, 06/05/2015

Além dos estudantes do curso de Engenharia Civil, os acadêmicos do curso de Arquitetura e Urbanismo também usufruem desse ambiente para a realização das atividades relacionadas à disciplina Tecnologia da Construção I, que introduz noções das técnicas construtivas comumente utilizadas no Brasil através das práticas desenvolvidas no “canteiro experimental” (UNISOCIESC, 2015).

Porém, é importante destacar que não há uma metodologia voltada para a reutilização dos resíduos resultantes das atividades desenvolvidas nesse laboratório, uma vez que eles são armazenados em caçambas e direcionados para a destinação final.

#### 3.1.1.4. Canteiro experimental da UFFS

O curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) iniciou as suas atividades na cidade de Erechim, no estado do Rio Grande do Sul, em 2010. Na grade curricular do curso, há duas disciplinas desenvolvidas no canteiro experimental: Canteiro Experimental I, na terceira fase, e Canteiro Experimental II, na quarta fase do curso (MODLER; ABERTON; MODLER e VAZ, 2013).

A disciplina Canteiro Experimental I objetiva viabilizar o contato dos acadêmicos com os materiais e processos construtivos, por meio do planejamento e da execução de exercícios práticos. A abordagem utilizada em Canteiro Experimental I deriva de uma aproximação à bioconstrução e às diversas possibilidades de experimentação, criação e projeto a partir da terra como material. Já em Canteiro Experimental II, o principal objetivo é possibilitar a experimentação prática do funcionamento das estruturas, permitindo a compreensão dos esforços solicitantes, assim como a análise das diferentes formas provenientes de soluções estruturais (MODLER; ABERTON; MODLER e VAZ, 2013).

As atividades práticas desenvolvidas no canteiro experimental da UFFS tiveram o apoio de momentos teóricos e reflexivos, de modo a possibilitar o questionamento e o amadurecimento dos projetos materializados. Dentre as atividades realizadas, constam: a confecção de tijolos de adobe, com terra crua, água, palha e fibras naturais; a vedação de paredes utilizando a técnica da taipa de mão, cujas paredes são armadas com madeira ou bambu e preenchidas com barro; a execução de reboco de terra; e o desenvolvimento da técnica de COB com garrafas, que utiliza terra/barro, areia, palha seca e água (esses elementos, quando misturados, formam uma massa de excelente plasticidade, podendo ser usada para construção e revestimento de paredes). Nessa última atividade desenvolvida no canteiro, as garrafas de vidro foram fixadas à estrutura de madeira que seria vedada utilizando-se a mesma técnica e os mesmos materiais usados para a vedação de paredes com taipa de mão (XXXI ENSEA, 2012).

Enquanto as obras referentes ao novo Campus UFFS – Erechim, situado na RS-135, eram finalizadas, o canteiro experimental estava localizado junto à Escola Estadual de Ensino Médio Érico Veríssimo, com quem a UFFS – Campus Erechim tem uma parceria. O espaço, que permitia a acomodação de até 40 alunos, compreendia um depósito para os materiais e ferramentas, com cerca de 10 m<sup>2</sup>, e uma área coberta com cerca de 60 m<sup>2</sup>, equipada com instalações hidráulicas e energia elétrica para o desenvolvimento das atividades práticas. Com o novo campus finalizado, o canteiro experimental terá uma área livre de 2.500 m<sup>2</sup> e uma área coberta de 380 m<sup>2</sup> (XXXI ENSEA, 2012).

#### 3.1.1.5. Canteiro experimental da FAU Mackenzie

O canteiro experimental da Universidade Presbiteriana Mackenzie foi inaugurado em 2014 para auxiliar as atividades desenvolvidas no curso de Arquitetura e Urbanismo. O espaço foi desenvolvido para que o acadêmico do curso pudesse

desenvolver e experimentar diversas técnicas construtivas, visando reunir disciplinas e possibilitando a prática conjunta dos mais variados métodos de construção civil. O canteiro está localizado na área onde se encontram os novos laboratórios da Faculdade, que reúnem, além do próprio canteiro experimental, o Ateliê de Modelos e Maquetes, a Marcenaria e a Caverna Digital, sendo esse um local onde se concentram vários equipamentos com grande potencial para o ensino, a pesquisa e a extensão (FAU Mackenzie, 2014).

### 3.2. IMPORTÂNCIA TEÓRICO-PRÁTICA PARA O CURSO DE ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA

A introdução de atividades práticas em um curso de graduação, especialmente nos cursos de engenharia, é de suma importância para a formação profissional do acadêmico. É através dos ensaios e experimentos desenvolvidos por meio de laboratórios e canteiros experimentais, bem como por intermédio dos projetos de extensão, visitas técnicas e estágios, que os alunos podem treinar e visualizar a teoria aprendida em sala de aula.

Com relação ao curso de Engenharia de Infraestrutura da UFSC, nota-se certa deficiência em termos de infraestrutura, uma vez que o curso é novo e ainda não possui um campus eficientemente equipado para auxiliar nas atividades práticas. Dessa forma, o aprendizado do acadêmico fica restrito, pois esse acaba tendo apenas o contato teórico com a disciplina lecionada, não permitindo que esse conhecimento absorvido em sala de aula seja experimentado em um canteiro experimental ou ensaiado em um laboratório de construção civil.

O curso de Engenharia de Infraestrutura tem as vertentes de projeto e execução de obras como os seus principais objetivos. Dessa forma, o curso compreende diversas disciplinas voltadas à tecnologia de construção civil, tais como: Materiais de Construção, Estruturas de Concreto Armado I e II, Pavimentação de Vias, Fundações, Pontes e Concreto Protendido, e Estruturas Metálicas e Materiais Compósitos. Através da implantação de um canteiro experimental, será possível realizar diversos experimentos relacionados a essas disciplinas, permitindo tanto a experimentação de vários métodos construtivos como a inovação e o aperfeiçoamento tecnológico, uma vez que esse espaço oportuniza a unificação dos conhecimentos teóricos obtidos em sala de aula às situações práticas desenvolvidas no canteiro, bem como a criação de novas soluções para os problemas enfrentados na engenharia.

Além dos laboratórios de construção civil e dos canteiros experimentais, os projetos de extensão também potencializam a formação profissional, pois possibilitam que o aluno estabeleça relações multidisciplinares, favorecendo a sua qualificação técnica, assim como as visitas técnicas, que oportunizam que o estudante aumente o contato com o mercado de trabalho, de forma a fazer a ligação entre o aprendizado e a prática. Contudo, vale frisar que a experiência vivida durante o estágio permite que o acadêmico aplique os conhecimentos obtidos na universidade e adquira vivência profissional, tanto no aspecto técnico como no de relacionamento com os demais profissionais da área (PEKELMAN e JÚNIOR, 2004; RIOS, 2003).

À vista disso, as universidades devem investir cada vez mais no ensino prático como uma maneira de complementar o ensino teórico, priorizando as atividades laboratoriais e experimentais, nas quais os acadêmicos podem exercitar a teoria assimilada em sala de aula e criar novas metodologias de resolução de problemas, além de incentivar o contato com o mercado de trabalho, a fim de aproximá-los da realidade cotidiana.

#### **4. ESTRATÉGIAS PARA A IMPLANTAÇÃO DO CANTEIRO EXPERIMENTAL NO CAMPUS DA UFSC/JOINVILLE**

A proposta de implantação de um canteiro experimental na Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Joinville, visa possibilitar a vivência dos acadêmicos do curso de Engenharia de Infraestrutura em um ambiente no qual seja possível experimentar materiais e técnicas diferenciadas de construção civil, bem como a prática de inovação tecnológica, através do desenvolvimento e aprimoramento de novos métodos construtivos.

Em referência à inovação associada à engenharia civil e a canteiro de obras, diversas tecnologias foram desenvolvidas e aprimoradas de modo a potencializar a produtividade, minimizar a perda de materiais, racionalizar os processos produtivos e aumentar a agilidade no trabalho. O Quadro 8 exemplifica algumas dessas inovações tecnológicas no setor da construção civil:

Quadro 8: Inovações no setor da construção civil (continua)

Inovações na construção civil		
Concreto	Painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos	Sistema no qual os painéis são utilizados como função estrutural e conformam as paredes.
	Paredes maciças de concreto leve com polímero e armadura de fibra de vidro	Sistema construtivo constituído por paredes maciças de concreto leve, moldadas no local, armadas com telas de fibra de vidro protegida com resina poliéster.
	Painéis monolíticos de concreto	Sistema que possui função estrutural e de fechamento e é constituído por placas de poliestireno expandido (EPS) revestidas com microconcreto armado com telas metálicas.
	Paredes de concreto leve armadas moldadas no local com barreira térmica	Sistema construtivo composto por paredes de concreto leve polimerizado armado, moldadas em fôrmas metálicas, e que, devido à barreira térmica, evita o choque térmico entre a temperatura externa e a interna.
	Laje zero	Tecnologia que consiste em executar a laje de concreto armado com elevado controle de nivelamento e planicidade. A sua aplicação permite eliminar a camada de contrapiso, resultando em melhor assentamento do acabamento sobre a laje.
	Pavimento de concreto permeável	Pavimento constituído por peças permeáveis drenantes de concreto poroso, destinados a pátios residenciais, comerciais, estacionamentos e calçadas, e/ou constituídos por peças intertravadas de juntas alargadas em concreto, destinadas a pátios industriais e vias de tráfego leve e médio.
	Piso industrial de alta resistência de concreto armado com tela dupla	Piso constituído por placas de concreto armado com telas soldadas, com a finalidade de reforçar a estrutura e/ou combater as fissuras de retração do concreto.
	Piso de concreto protendido	Sistema utilizado como elemento estrutural, cuja protensão ocorre por meio de cordoalhas engraxadas tracionadas e ancoradas na própria estrutura de concreto do piso.
	Cimento condutor de eletricidade	Cimento utilizado como revestimento que conduz eletricidade por meio de nanotubos de carbono adicionados em sua composição original, permitindo o aquecimento de prédios com pouco consumo de energia.
	Cobertura verde	Sistema construtivo de cobertura de telhados com o uso de vegetação.
Metal	<i>Light Steel Frame</i>	Sistema no qual as paredes são utilizadas como função estrutural e compostas por perfis leves metálicos.
	Sistema de alvenaria integral ( <i>IMS - Integral Masonry System</i> )	Conjunto entrelaçado de suportes feitos de barras de aço - ou vergalhões - que são dispostos de modo a terem intersecções nas três direções, criando uma malha muito resistente a deformações. O interior do suporte pode ser preenchido com o material de construção que estiver disponível, como tijolos.
	<i>Steel deck</i>	Sistema de laje composta por telha de aço galvanizado e camada de concreto que atua como fôrma e armadura ao mesmo tempo. Depois que aço e concreto se solidarizam, formam um sistema misto em que a chapa de aço atua como armadura positiva da laje.

Fonte: PINATT; ALMEIDA e MORI (2013) e PINI (2015) adaptado pelo autor, 2015.

Quadro 8: Inovações no setor da construção civil (conclusão)

Inovações na construção civil		
	Sistema leve de fachada com chapas cimentícias sobre perfis	Sistema constituído por uma estrutura metálica composta por guias e montantes, na qual são parafusadas chapas cimentícias na face exterior e chapas <i>drywall</i> na face voltada para o interior.
	Sistema de cobertura metálica <i>roll-on</i>	Sistema constituído de treliças paralelamente dispostas de forma modular, sobre as quais são desenroladas bobinas contínuas de aço, sem emendas ou sobreposições, de modo a formar canais contínuos de condução de água com caimento mínimo de 1%.
	Sistema de cobertura com painéis fotovoltaicos	Sistema composto por placas fotovoltaicas instaladas na cobertura que permite a geração de energia elétrica a partir da incidência de luz solar.
Argamassa	Contrapiso autonivelante	Sistema composto por argamassa de cimento modificado com polímeros que proporciona altos índices de planicidade e de nivelamento.
	Argamassa polimérica	Argamassa que permite o assentamento de tijolos ou blocos sem o uso tradicional de cimento e areia, além de dispensar a adição de água e ser um produto não inflamável.
Gesso	<i>Drywall</i>	Tecnologia destinada à construção de paredes divisórias e forros utilizando gesso acartonado.
	Revestimento de gesso projetado	Sistema de revestimento à base de pasta de gesso aplicado por projeção mecanizada, para alvenarias de blocos cerâmicos e de concreto, pilares, vigas e lajes de concreto armado, em áreas internas de edifícios.
Madeira	<i>Light Wood Frame</i>	Estrutura composta por perfis de madeira que, em conjunto com as placas estruturais, formam painéis estruturais capazes de resistir às cargas verticais (telhados e pavimentos), perpendiculares (ventos) e transmitir as cargas até a fundação.
PVC	Paredes estruturais de painéis de policloreto de polivinila (PVC)	Painéis que podem ser montados sem a necessidade de estruturas adicionais e já possuem acabamento final.
Alumínio	Sistema unitizado de fachadas modulares	Sistema composto por painéis formados por perfis de alumínio tipo macho e fêmea e vidros laminados, colados com silicone estrutural na própria estrutura da esquadria.

Fonte: PINATT; ALMEIDA e MORI (2013) e PINI (2015) adaptado pelo autor, 2015.

Além da preocupação com o uso e consumo dos materiais na construção civil, que impulsionou diversas inovações tecnológicas como as demonstradas Quadro 8, o setor voltado à engenharia civil também desenvolveu tecnologias visando a melhoria da gestão e da logística dos canteiros de obras, conforme ilustra o Quadro 9:

Quadro 9: Sistemas de gestão e logística voltados para canteiros de obras

<b>Sistemas de gestão e logística de canteiro de obras</b>	
<i>Building Information Modeling (BIM)</i>	Sistema que permite o acesso a um banco de dados com informações referentes a todo o ciclo de vida do empreendimento.
<i>Lean Construction</i>	Sistema de gestão de qualidade da construção civil que visa uma produção sem geração de estoques e desperdícios.
Kanban	Técnica que se destina à gestão de materiais e de produção por meio da utilização de cartões com cores distintas, a fim de controlar o fluxo de materiais, evitar desperdícios, bem como minimizar os estoques de produtos.
<i>Systematic Layout Planning (SLP)</i>	Método que visa a sistematização de projetos de arranjos físicos, através da estruturação de fases, de um modelo de procedimentos e de uma série de convenções para identificação, avaliação e visualização dos elementos e das áreas envolvidas no planejamento, a fim de determinar o melhor arranjo físico possível.
Programa 5S	Programa que visa a manutenção da organização do canteiro, através de cinco sentidos: utilidade, organização, limpeza, saúde e autodisciplina. (Descrição detalhada no Quadro 5, página 26)

Fonte: ELIAS; LEITE; SILVA e LOPES (1998), BAZANELLI (2003), LEITE; PINHO; PEREIRA; HEINECK e ROCHA (2004), SAURIN e FORMOSO (2006) e PINATT; ALMEIDA e MORI (2013) adaptado pelo autor (2015).

Dessa forma, percebe-se que a indústria da construção civil tem inovado tanto na criação de tecnologias construtivas quanto na adoção e adequação de técnicas gerenciais para controlar os processos envolvidos na construção de uma obra. Além disso, convém salientar que os sistemas de gestão e logística de canteiros de obras visam a eficácia dos serviços por meio de um arranjo físico adequado, que permita o controle do fluxo de materiais no canteiro, bem como a redução de estoques, a fim de evitar o desperdício e contribuir com o desenvolvimento sustentável no setor da construção civil.

#### 4.1. ORGANIZAÇÃO DO CANTEIRO EXPERIMENTAL SUSTENTÁVEL

O canteiro experimental sustentável proposto para o Campus Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina deve permitir a acomodação de até 50 acadêmicos do curso de Engenharia de Infraestrutura. Para que isso seja possível, é preciso levar em consideração a estruturação de um canteiro de obras especificada no Quadro 4 da página 25 (Normas referentes aos canteiros de obras) e as recomendações para a introdução de um canteiro experimental ilustradas no Quadro 7 da página 31 (Requisitos propostos para a implantação de um canteiro experimental em uma instituição de ensino).

Com relação ao canteiro de obras, há a necessidade de se locar duas áreas distintas: as operacionais e as de vivência. Em um canteiro experimental, também se faz necessária a implantação dessas duas áreas, permitindo a experimentação das metodologias construtivas na área operacional, e a discussão dos resultados obtidos na área de vivência, através da locação de um ateliê de modelações no espaço. Além disso, um espaço destinado ao almoxarifado para depositar os materiais e as ferramentas necessárias para a realização das atividades, bem como uma área reservada para o técnico, uma lavanderia e instalações sanitárias também serão essenciais para suprir as necessidades do canteiro experimental.

À vista disso, pode-se construir o programa de necessidades do canteiro experimental sustentável proposto para o Campus UFSC/Joinville, especificando os ambientes com as suas respectivas áreas, bem como a sua capacidade máxima. O Quadro 10 apresenta essas informações:

Quadro 10: Programa de necessidades do canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville (continua)

<b>Programa de necessidades do canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville</b>					
Ambiente		Equipamentos e materiais	Área (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )	Capacidade máxima
Áreas operacionais	Área de trabalho (coberta)	Triturador de entulhos	201,37	777,13	50
		Mesa vibradora			
		Betoneira			
	Área de trabalho (descoberta)	Tanque para cura submersa	327,81		
		Almoxarifado (interno)	Equipamento de proteção individual		
	Cimento				
	Argamassa				
	Tijolo				
	Chapa metálica				
	Madeira				
	Poliestireno expandido				
	Ferramentas de construção civil (martelo, enxada, pá, etc.)				
	Furadeira				
Carrinho de mão					
Escada					

Fonte: RONCONI (2005) e ABNT (1991) adaptado pelo autor (2015).

Quadro 10: Programa de necessidades do canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville (conclusão)

Programa de necessidades do canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville					
Ambiente		Equipamentos e materiais	Área (m <sup>2</sup> )	Área total (m <sup>2</sup> )	Capacidade máxima
Áreas operacionais	Almoxarifado (externo)	Baia para armazenamento de materiais e entulho	72,00		
	Espaço destinado ao técnico do canteiro experimental	-	13,50		
Áreas de vivência	Ateliê de modelações	-	33,75		
	Instalações sanitárias e vestiário	-	67,50		
	Lavanderia	-	13,50		

Fonte: RONCONI (2005) e ABNT (1991) adaptado pelo autor (2015).

Uma vez que os ambientes referentes ao canteiro experimental foram adequadamente estabelecidos e as suas respectivas áreas foram devidamente estimadas, é possível, com o auxílio do mapa do terreno do Campus da UFSC/Joinville, situado na Curva do Arroz, propor localizações para a sua instalação. O Quadro 11 ilustra as propostas de implantação do canteiro experimental no Campus UFSC/Joinville, salientando quais critérios não são cumpridos e o porquê, e quais critérios são respeitados:

Quadro 11: Propostas de localizações do canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville

	Proposta de localização 1	Proposta de localização 2	Proposta de localização 3	Proposta de localização 4
Critérios considerados para a localização do canteiro experimental sustentável				
Redução de poluição dos cursos d'água, das redes de infraestrutura, do ar e do solo	X	X	X	X
Proteção e conservação do ecossistema local	X	X	X	X
Minimização dos incômodos sonoros e visuais	Não cumpre com o critério, pois se localiza na entrada principal do campus.	Não cumpre com o critério, pois se localiza próximo dos edifícios acadêmicos.	Não cumpre com o critério, pois se localiza próximo dos edifícios acadêmicos.	X
Redução dos consumos de água e energia	X	X	X	X
Redução dos impactos ambientais no terreno	X	X	X	X
Organização do canteiro de forma a reduzir os impactos ambientais	X	X	X	X
Facilidade de acesso de alunos e veículos	X	Não cumpre com o critério, pois se localiza em local de difícil acesso.	X	X

Fonte: Departamento de Projetos de Arquitetura e Engenharia (DPAE) UFSC (2015) adaptado pelo autor, 2015.

Figura 18: Localização escolhida para a implantação do canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville



Fonte: DPAE UFSC (2015) adaptada pelo autor, 2015.

A escolha da localização ilustrada na Figura 18 deu-se pelo fato desse ser um local que, além de respeitar os critérios considerados para a sua localização, situa-se próximo dos laboratórios, facilitando o acesso tanto para alunos quanto para os veículos que, eventualmente, precisarão descarregar os materiais e equipamentos que serão utilizados no canteiro experimental. Contudo, por se tratar de uma área destinada a estacionamento, propõe-se que a mesma parcela ocupada pelo canteiro experimental seja realocada para outra região, não prejudicando as demais construções.

Quanto ao tipo de canteiro, sugere-se a implantação de um canteiro experimental do tipo amplo, de forma a possibilitar a instalação de áreas de armazenamento, bem como a circulação dos acadêmicos e o acesso de veículos com materiais e equipamentos para o canteiro, segundo ilustrado no Quadro 3 da página 24 (Tipos de canteiros de obras).

No que diz respeito ao tipo de instalação do canteiro, propõe-se que ela seja modular, uma vez que esse canteiro experimental será uma instalação permanente dentro do Campus e, caso seja necessário realocá-lo ou ampliá-lo, isso poderá ser

feito facilmente. Dessa forma, permite-se que os sistemas tenham medidas padronizadas, tornando a construção racionalizada e com alto índice de produtividade. Além disso, a ideia é que os próprios acadêmicos tenham a oportunidade de construí-lo, utilizando tecnologias diferenciadas, conforme apresentado no Quadro 8 da página 45. Desse modo, o canteiro possibilitará a experimentação de técnicas de construção civil desde a sua concepção. O Quadro 12 ilustra a proposta de sistema construtivo para cada área do canteiro experimental:

Quadro 12: Tecnologias da construção civil propostas para a concepção do canteiro experimental do Campus UFSC/Joinville

<b>Tecnologias da construção civil propostas para a concepção do canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville</b>		
	Ambiente	Tecnologia construtiva
Áreas operacionais	Área de trabalho (coberta)	<i>Light Wood Frame</i> + Sistema de cobertura com painéis fotovoltaicos + Cobertura verde
	Área de trabalho (descoberta)	-
	Almoxarifado (interno)	<i>Light Wood Frame</i>
	Almoxarifado (externo)	Madeira
	Espaço destinado ao técnico do canteiro experimental	<i>Light Wood Frame</i>
Áreas de vivência	Ateliê de modelações	<i>Light Wood Frame</i>
	Instalações sanitárias e vestiário	<i>Light Wood Frame</i>
	Lavanderia	<i>Light Wood Frame</i>

Fonte: PINATT; ALMEIDA e MORI (2013) e PINI (2015) adaptado pelo autor, 2015.

A escolha das tecnologias relatadas no Quadro 12 deu-se pelo fato de que o espaço se destinará a experimentação de variadas técnicas de construção, sendo, portanto, interessante adotar tecnologias distintas para a construção do canteiro experimental.

Com relação às áreas cobertas, como a área de trabalho (coberta), o almoxarifado (interno), o espaço destinado ao técnico do canteiro experimental, o ateliê de modelações, as instalações sanitárias e vestiário, e a lavanderia, sugere-se a adoção da tecnologia *Light Wood Frame*, cujo sistema é constituído por perfis de madeira que, em conjunto com placas estruturais, formam painéis estruturais capazes de resistir às cargas verticais, perpendiculares e transmitir as cargas até a fundação, como consta no Quadro 8 da página 45. Contudo, propõe-se que seja adotado o sistema industrializado desenvolvido pelos alemães, no qual as paredes recebem na própria fábrica desde a estrutura interna até os acabamentos finais, que inclui a aplicação de esquadrias e tubulações hidráulicas e elétricas, o que reduz significativamente os desperdícios (ROCHA, 2009; MOLINA e JUNIOR, 2010).

A padronização dos diversos componentes utilizados neste tipo de construção permite que todas as peças se encaixam apropriadamente devido a um eficiente controle de qualidade, exigido em todos os segmentos envolvidos na construção. Desse modo, a interferência durante processo de montagem é mínima, possibilitando o cumprimento rigoroso do cronograma da obra, bem como a redução dos custos, devido a maior rapidez nos prazos de execução com racionalização de mão de obra e menor desperdício de material (FIORELLI, 2009).

O *Light Wood Frame* é um sistema construtivo baseado exclusivamente no uso de madeiras de reflorestamento, sendo esse o único material de construção renovável que demanda quase que unicamente energia solar para ser produzida, enquanto o cimento, o aço e os blocos cerâmicos, por exemplo, utilizam-se de outras matrizes energéticas menos sustentáveis. No que concerne ao tipo de madeira empregada, esse sistema utiliza, principalmente, o pinus como matéria-prima e, em menor volume, o eucalipto. O emprego do pinus se deve ao rápido crescimento desse tipo de árvore e à sua elevada permeabilidade ao tratamento em autoclave, essencial para evitar ataques de organismos xilófagos (NAKAMURA, 2009).

A adoção desse tipo de sistema apresenta várias vantagens e contribui para a sustentabilidade do meio ambiente. De acordo com o Conselho Canadense de Madeira (CWC, 2015), a construção utilizando madeira produz 23% a menos de resíduos sólidos, requer 57% a menos de energia de produção, além de emitir 81% a menos de gases de efeito estufa. Outra vantagem é a maior estabilidade do preço da matéria-prima quando comparada ao preço do aço, que está sempre oscilando em virtude da valorização ou desvalorização das *commodities*. Além disso, convém salientar que, em comparação com as estruturas de concreto e alvenaria, a construção utilizando estruturas de madeira é menos afetada pelas condições climáticas, uma vez que permite que os operários continuem pregando e montando a estrutura mesmo em caso de chuvas ou de falta de energia (NAKAMURA, 2009).

A preferência pela tecnologia *Light Wood Frame* para a construção do canteiro experimental do Campus UFSC/Joinville deve-se ao fato desse ser um sistema inovador na construção civil que permite a construção de qualquer tipologia de projeto, e que tem como a sua principal vertente a sustentabilidade. Além desse aspecto, a estrutura é de rápida execução devido à otimização da gestão de produção, que permite que diversas atividades sejam desempenhadas ao mesmo tempo, evitando atrasos e desperdício de materiais. Ademais, a adoção de painéis solares na cobertura da construção, assim como a cobertura verde, contribuirão, respectivamente, para a

geração de energia e para o conforto térmico, enfatizando a proposta de canteiro experimental sustentável.

#### 4.1.1. Gestão de resíduos do canteiro experimental sustentável

Um dos focos principais para a implantação de um canteiro experimental sustentável no Campus UFSC/Joinville baseia-se no princípio do desenvolvimento sustentável, segundo foi apresentado no capítulo 2 desse trabalho, referente à Gestão sustentável na construção civil (Página 11), e nos critérios estabelecidos pelas metodologias de avaliação da sustentabilidade referente a canteiro de obras, apresentados no Quadro 2 da página 22. Dessa forma, a proposta de introdução desse canteiro experimental deverá considerar o que é socialmente desejável, economicamente viável e ambientalmente sustentável.

Seguindo esses princípios, um dos pontos importantes a ser trabalhado no canteiro experimental é a gestão dos resíduos oriundos das atividades realizadas nesse espaço. À vista disso, propõe-se que o espaço apresente áreas destinadas ao armazenamento de resíduos sólidos, como baias para materiais e entulhos. Além disso, será necessária a locação de um triturador de entulhos, para que esses resíduos possam ser triturados e reaproveitados nas atividades posteriores.

Quanto aos resíduos líquidos, como as águas oriundas das áreas onde ocorrem as dosagens de concreto e argamassa, assim como a da lavagem da betoneira, que são compostas por água, cimento, brita e areia, dois tipos de sistema podem ser implantados no canteiro para reduzir o impacto dessa água quando destinada à rede de esgoto ou ao solo: um filtro de decantação de simples construção ou o sistema “bate lastro”. O Quadro 13 especifica cada um deles:

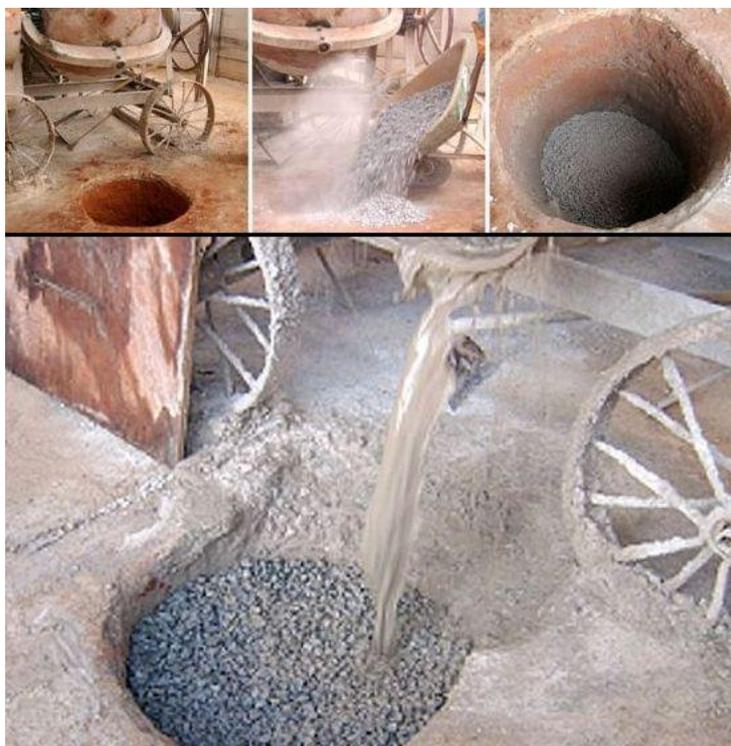
Quadro 13: Sistemas de tratamento de resíduos líquidos

<b>Sistemas de tratamento de resíduos líquidos</b>	
Filtro de decantação de simples construção	Filtro é composto por uma perfuração de 1,50 m a 1,70 m de profundidade, com uma camada de brita de 50 cm a 70 cm no fundo. No topo da perfuração pode ser colocada uma peneira para coar a água antes de ser despejada no filtro. Contudo, para que o sistema funcione eficientemente, é necessário fazer a limpeza do filtro periodicamente, sendo os seus resíduos depositados juntamente com os resíduos da classe A, uma vez que são resíduos de cimento.
Sistema “bate lastro”	Sistema de decantação constituído por três caixas de sedimentação e duas caixas de água recuperada. Os efluentes líquidos são coletados e conduzidos por canaletas até esse sistema, onde ocorre a decantação das partículas sólidas. Com o auxílio de bombas centrífugas, a água isenta de partículas sólidas é enviada para um reservatório específico, possibilitando o seu uso em novas dosagens de concreto e argamassa, bem como em limpezas de áreas externas.

Fonte: BLUMENSCHNEIN (2007) e CHAGAS, SILVA, ALVES e SILVA (2014) adaptado pelo autor, 2015.

Analisando os dois sistemas de tratamento de resíduos líquidos relatados no Quadro 13, percebe-se que o primeiro é relativamente simples, barato e fácil de ser construído. Desse modo, os próprios acadêmicos poderão confeccioná-lo e realizar a sua manutenção conforme a necessidade. A Figura 19 exemplifica como é feita a instalação desse filtro e como ele é utilizado:

Figura 19: Sistema de decantação para efluentes líquidos



Fonte: BLUMENSCHNEIN (2007)

Desse modo, tanto os resíduos sólidos quanto os resíduos líquidos poderão ser reutilizados e descartados adequadamente, sem agredir o meio ambiente, sendo esse um dos principais enfoques do canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville.

#### 4.1.2. Sistema de tratamento de esgoto e efluentes por zona de raízes

Para o tratamento de esgoto do canteiro experimental sustentável, propõe-se a adoção do sistema de tratamento por meio de zona de raízes, sendo essa uma alternativa eficaz e de custo reduzido quando comparada aos sistemas convencionais. O Quadro 14 caracteriza o sistema e expõe as suas vantagens:

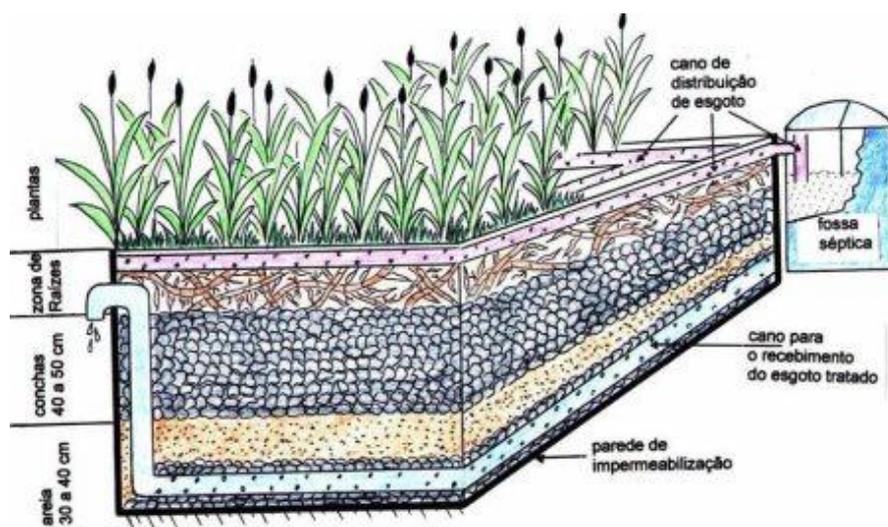
Quadro 14: Tratamento de esgoto e efluentes por meio de zona de raízes

<b>Tratamento de esgoto e efluentes por meio de zona de raízes</b>	
Funcionamento	Sistema de tratamento físico-biológico por meio de filtragem física em brita e areia, e um biofiltro constituído pela zona de raízes, cuja espécie mais utilizada é a <i>Zantedeschia aethiopica</i> , popularmente conhecida como copo-de-leite. O esgoto e os efluentes passam por um tratamento primário (fossa séptica) que permite a retirada dos sólidos sedimentáveis; em seguida, os efluentes são enviados para a zona de raízes, cuja área é dimensionada de acordo com a demanda de esgoto já pré-determinada.
Vantagens	Alternativa eficiente e de baixo custo quando comparada aos sistemas convencionais;
	Pode ser implantado no mesmo local onde o efluente é produzido;
	Pode ser operado por mão de obra não especializada;
	Possui baixo custo energético;
	Ausência da produção de lodo, que muitas vezes provoca mau cheiro; na zona de raízes, o mau cheiro é evitado uma vez que as próprias raízes funcionam como um filtro, eliminando-o.

Fonte: LEMES; SCHIRMER; CALDEIRA; KAICK; ABEL e BÁRBARA (2008) e JUNIOR; PAROLIN e CRISPIM (2011) adaptado pelo autor, 2015.

Em virtude da topografia do terreno, em determinados casos, utiliza-se bombas elétricas para direcionar o efluente até o sistema de tratamento por zona de raízes quando as alternativas de condução não oferecem o caimento necessário, ou quando a fossa séptica está localizada abaixo do nível do sistema de tratamento. Nos casos em que não há a necessidade da utilização de bombas, o sistema funciona sem gasto de energia, pois utiliza a gravidade como força motriz para transportar o efluente. Desse modo, o sistema de tratamento de esgoto e efluentes por meio de zona de raízes se torna vantajoso, pois apresenta baixo custo e necessita de pouca manutenção. A Figura 20 ilustra o esquema simplificado de um sistema de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes:

Figura 20: Esquema simplificado de um sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes



Fonte: KAICK, UTFPR (2008)<sup>2</sup>

Assim, o uso desse sistema permitirá que o tratamento de esgoto e dos efluentes gerados no canteiro experimental seja realizado de forma eficiente e econômica, além de contribuir para a disseminação do desenvolvimento sustentável no ambiente acadêmico.

#### 4.1.3. Sistema de captação de água pluvial

Com o intuito de contribuir com o abastecimento de água no canteiro experimental sustentável, recomenda-se a instalação de um sistema de captação de água da chuva, que reduzirá o consumo de água potável e diminuirá os custos de água fornecida pela companhia de abastecimento. O Quadro 15 descreve as características do sistema:

Quadro 15: Sistema de captação de água pluvial (continua)

<b>Sistema de captação de água pluvial</b>	
Componentes	Captação da água;
	Filtragem;
	Armazenamento;
	Distribuição.
Funcionamento	A captação da água da chuva é feita através do telhado, cuja água é conduzida pelas calhas até o reservatório. Antes de ser direcionada para o reservatório, a água captada pode ser enviada para um sistema de descarte das águas iniciais para a remoção das impurezas oriundas do telhado. Então, a água é armazenada na cisterna e fica disponível para o uso.

Fonte: MARINOSKI (2007) adaptado pelo autor, 2015.

<sup>2</sup> Reportagem Projeto Vida Água, disponível em <https://projetovidagua.com>, acessado em junho/2015.

Quadro 15: Sistema de captação de água pluvial (conclusão)

<b>Sistema de captação de água pluvial</b>	
Vantagens	Redução do consumo de água potável;
	Diminuição dos custos de água fornecida pela companhia de abastecimento;
	Apresenta baixo impacto ambiental;
	Quando o reservatório é elevado, esse dispensa o bombeamento da água para o abastecimento da edificação.

Fonte: MARINOSKI (2007) adaptado pelo autor, 2015.

A instalação do sistema de captação de água pluvial pode ser realizada de três formas distintas: por recalque e gravidade, quando a água pluvial captada é enviada para uma cisterna enterrada que, através de uma bomba de recalque submersível, realiza o bombeamento para um reservatório elevado; por rede pressurizada, que funciona de forma similar ao por recalque e gravidade, porém efetua o bombeamento para um pressostato e apresenta um sistema automático de realimentação conectado à cisterna; e por gravidade, que capta a água da chuva e a destina para um reservatório elevado, sem a necessidade da locação de uma cisterna enterrada.

Para a implantação no canteiro experimental sustentável do Campus UFSC/Joinville, propõe-se que o sistema seja por gravidade, de forma a facilitar a sua instalação. Além disso, a instalação do sistema de captação de água pluvial permitirá grande economia de água potável, além de trazer benefícios ambientais por preservar os recursos hídricos da região.

#### 4.2. MEMORIAL DESCRITIVO

Com a finalidade de orientar a construção do canteiro experimental sustentável proposto nesse trabalho, será apresentado neste subcapítulo o memorial descritivo relacionado ao canteiro.

##### a) Fundação

A fundação adotada no projeto do canteiro experimental sustentável para o Centro de Engenharias da Mobilidade foi a do tipo radier, uma laje maciça de 15 cm de altura com tela de armadura inferior e superior, sendo esse o tipo de fundação indicado para a construção da estrutura *Light Wood Frame*, sistema esse escolhido para a construção do canteiro experimental sustentável. Por ser uma peça inteira, esse tipo de fundação apresenta alta rigidez, o que evita grandes recalques diferenciais. Além disso, a laje desempenha a função de piso pronto, com excelente qualidade de acabamento.

A fim de evitar possíveis deslizamentos da infraestrutura em virtude da movimentação natural do solo, e considerando que a estrutura abrigará um almoxarifado que armazenará materiais e equipamentos pesados de construção civil, optou-se por executar dois radiers independentes, um para o almoxarifado e outro para as demais áreas do canteiro experimental sustentável. Contudo, ambas as fundações terão vigas nas bordas e vigas internas, com dimensão de 12 cm de base e 40 cm de altura.

#### b) Paredes

O sistema escolhido para a construção do canteiro experimental sustentável foi o *Light Wood Frame*, que utiliza painéis de paredes compostos por montantes verticais de madeira de reflorestamento com seções de 45 mm x 90 mm para as paredes internas, e 45 mm x 140 mm para as externas, além de divisórias em *drywall* com 10 cm de espessura. O pé direito será de 3 m; com exceção da área de trabalho coberta, que terá 6 m. Esses montantes estarão espaçados entre si 60 cm, de modo a permitir que as placas de OSB de 18,3 mm sejam fixadas adequadamente nas partes internas e externas dos montantes. Após a colocação das placas de OSB, será executada uma segunda guia de madeira de 11,4 mm na face externa da parede para sobrepor os encontros dos painéis OSB, dando um acabamento final na estrutura. O sistema será industrializado, conforme a metodologia alemã, e todas as ligações serão pregadas, sendo esse um ótimo sistema de fixação.

Nas áreas de vivência, como a sala do técnico do canteiro experimental e o ateliê de modelações, será utilizado um isolamento acústico entre as placas de OSB, uma vez que esses ambientes estarão localizados próximos da área de trabalho coberta onde serão desenvolvidas as atividades experimentais. Para as áreas molhadas, como os banheiros e vestiários e a lavanderia, além das placas de OSB fixadas na face interna da parede, serão aplicadas chapas cimentícias de 12 mm, que receberão uma pintura de resina acrílica para impermeabilizar a superfície. Nas juntas entre as placas, assim como nos cantos com as paredes e os ralos, será aplicada uma tela de poliéster como estruturante.

#### c) Cobertura

No projeto do canteiro experimental sustentável foram adotadas coberturas distintas para determinadas áreas. Para o ateliê de modelações, a sala do técnico do canteiro e o almoxarifado (interno), adotou-se a cobertura verde, que contribui para o conforto térmico dos ambientes. Para a área de trabalho coberta, bem como para os

banheiros e vestiários e para a lavanderia, optou-se por utilizar a cobertura branca do tipo shed, confeccionada com estrutura metálica, e com painéis fotovoltaicos orientados para o norte e com uma inclinação de 26°, sendo essa a latitude da cidade de Joinville, de modo a permitir uma maior eficiência em geração de energia.

d) Esquadrias

No projeto do canteiro foram utilizadas portas com dimensões de 1,00 m x 2,10 m e janelas com altura de 0,70 m, variando apenas a sua largura. Nas áreas molhadas, no ateliê de modelações e na sala do técnico, foram utilizadas janelas de fora a fora, de forma a permitir maior incidência de luz natural nos ambientes, economizando energia.

e) Outras considerações

O canteiro contará com um sistema de captação de água da chuva, com capacidade de 2000 l, valor esse oriundo do método de Azevedo Neto, que considera o volume do reservatório de água pluvial por meio da equação:

$$V = 0,0042 * Pa * A * T$$

Onde:

V = volume do reservatório (litros);

Pa = precipitação pluviométrica anual média (mm/ano = litros/m<sup>2</sup> por ano);

A = área de captação (m<sup>2</sup>);

T = número de meses de pouca chuva ou seca (adimensional).

Sabendo-se que a precipitação pluviométrica anual média em Joinville é de, aproximadamente, 1700 mm (Climate-Data, 2015), que a área de captação é igual a 280,28 m<sup>2</sup>, e que o mês em que há pouca chuva é o mês de julho (dessa forma, T = 1), obtém-se V = 2001,2 l. Desse modo, adotou-se um reservatório de 2000 l. O reservatório será elevado e localizado acima da lavanderia; portanto, para possibilitar o acesso ao reservatório, uma escada de marinheiro foi instalada na lateral, de modo a permitir a manutenção do sistema quando necessário.

Haverá no canteiro experimental, também, um sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes, com dimensões de 2,50 m x 2,50 m x 1,00 m de profundidade, localizado próximo às áreas molhadas do canteiro, sendo essa uma alternativa eficiente e de baixo custo. Segundo os cálculos realizados para o dimensionamento da fossa séptica e do filtro a serem instalados no canteiro, obteve-se os valores de 4,35 m<sup>3</sup> e 3,68 m<sup>3</sup> para os volumes de fossa séptica e filtro, respectivamente. Os valores originaram-se das seguintes equações:

$$\text{Fossa séptica: } V = 1000 + N * (C * T + K * L_f)$$

$$\text{Filtro: } V = 1,6 * N * C * T$$

Onde:

N = número de pessoas = 50;

C = contribuição diária de esgoto = 50;

T = N\*C = 2500 .∴ o tempo de retenção, em dias = 0,92;

K = taxa de acumulação total de lodo = 105, considerando o intervalo entre limpeza de 2 anos;

L<sub>f</sub> = contribuição de lodo = 0,20.

Considerando que no tratamento de esgoto por zona de raízes o efluente primeiro passa por um tratamento primário (em geral, por uma fossa séptica para a remoção dos sólidos sedimentáveis), antes de ser encaminhado para a zona de raízes, adotou-se o volume<sup>3</sup> de 6,25 m<sup>3</sup> para esse espaço de tratamento, uma vez que a fossa séptica, como citado anteriormente, terá um volume de 4,35 m<sup>3</sup>. Assim sendo, o tratamento de esgoto por zona de raízes atuará eficientemente.

#### 4.3. ORÇAMENTO PRÉVIO ESTIMADO

Com o propósito de quantificar os custos envolvidos na implantação do canteiro experimental sustentável, realizou-se um orçamento prévio estimado. O Quadro 16 apresenta os custos vinculados a instituição desse canteiro no Campus UFSC/Joinville:

Quadro 16: Orçamento prévio estimado do canteiro experimental sustentável

Orçamento prévio estimado				
Descrição		Área (m <sup>2</sup> )	Custo/m <sup>2</sup> (reais)	Custo (reais)
1.Sistema <i>Light Wood Frame</i> *	Parede com isolamento	103,50	R\$ 2.430,00	R\$ 788.632,20
	Parede sem isolamento	77,04		
	Parede com chapa cimentícia	144,00		
Cobertura	2.Verde	106,12	R\$ 150,00	R\$ 15.917,60
	3.Branca	280,28	R\$ 120,00	R\$ 33.633,74
	4.Painéis fotovoltaicos	142,31	-	R\$ 128.685,00
5.Sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes		6,25	-	R\$ 1.000,00
6.Sistema de captação de água da chuva		280,28	-	R\$ 5.000,00
				R\$ 972.868,54

<sup>3</sup> Volume baseado no estudo de LEMES; SCHIRMER; CALDEIRA; KAICK; ABEL e BÁRBARA, 2008.

1.\*Segundo a empresa Kürten, a estrutura *Light Wood Frame* confeccionada no padrão alemão custa R\$2.430,00/m<sup>2</sup>, enquanto a confeccionada no padrão americano custa R\$1.742,00. Eles trabalham apenas com paredes com isolamento;

2. Item 6 Arquitetura e Sustentabilidade (2014);

3. Cobertura metálica = R\$90,00/m<sup>2</sup>, disponível em <http://estruturasmetalicasvs.com.br/servicos/tudo-sobre-estrutura-metalica-na-construcao-de-galpao>, acessado em junho/2015; cobertura branca = R\$30,00/m<sup>2</sup> (pintura), disponível em: <http://www.webarcondicionado.com.br/telhado-branco-tinta-termica-ajudam-reduzir-ar-condicionado>, acessado em junho/2015;

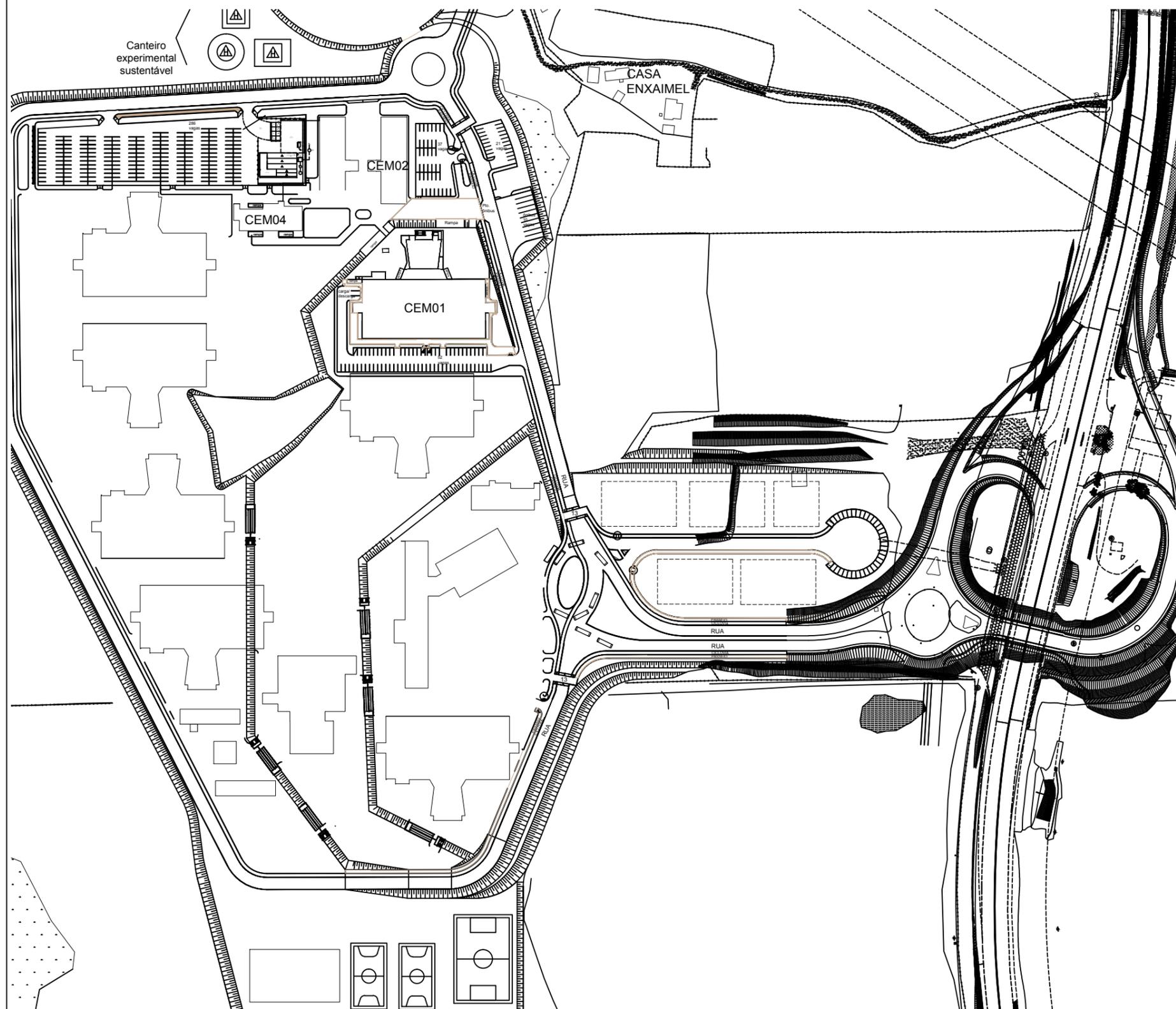
4.Custo fornecido pela Ecoa Energias (<http://www.ecoaenergias.com.br/>);

5. LEMES; SCHIRMER; CALDEIRA; KAICK; ABEL e BÁRBARA (2008);

6. SALVIANO (2012).

#### 4.4. PROJETOS

Neste subcapítulo serão apresentados os projetos relacionados à proposta de canteiro experimental sustentável para o Centro de Engenharias da Mobilidade.



UFSC JOINVILLE  
 MAPA DE JOINVILLE  
 Sem escala

Diretrizes do projeto

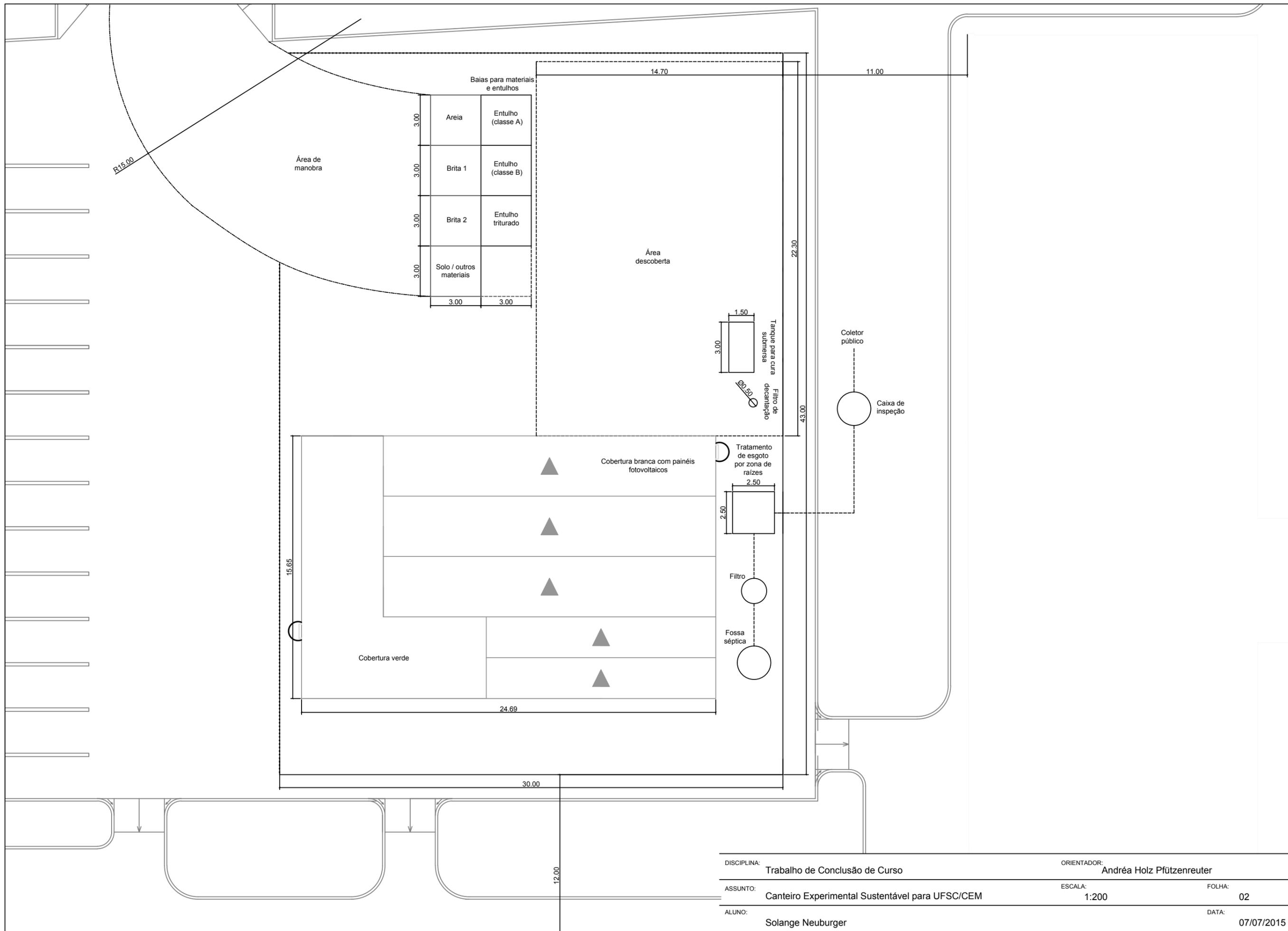
Condicionantes:

Legais: De acordo com o Anexo I das Leis de Uso e Ocupação do Solo disponibilizado pelo IPPUJ, a área onde estará situado o Campus UFSC/Joinville é classificada como ARUC (Área Rural de Utilização Controlada);

Físicos: Segundo informações cedidas pelo IPPUJ, a área onde será localizado o canteiro experimental sustentável no Centro de Engenharias da Mobilidade apresenta um solo classificado como cambissolo háplico. Geologicamente, o local é categorizado como depósito aluvial e, com relação ao uso da terra, a área é considerada urbanizada;

Locais: O Campus UFSC/Joinville será implantado ao sul do bairro Santa Catarina, no terreno que extrema ao leste com a Rodovia BR 101, ao longo dos km 51 e 52.

DISCIPLINA:	Trabalho de Conclusão de Curso	ORIENTADOR:	Andréa Holz Pfüzenreuter
ASSUNTO:	Canteiro Experimental Sustentável para UFSC/CEM	ESCALA:	1:3000
ALUNO:	Solange Neuburger	FOLHA:	01
		DATA:	07/07/2015



DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso

ORIENTADOR: Andréa Holz Pfüzenreuter

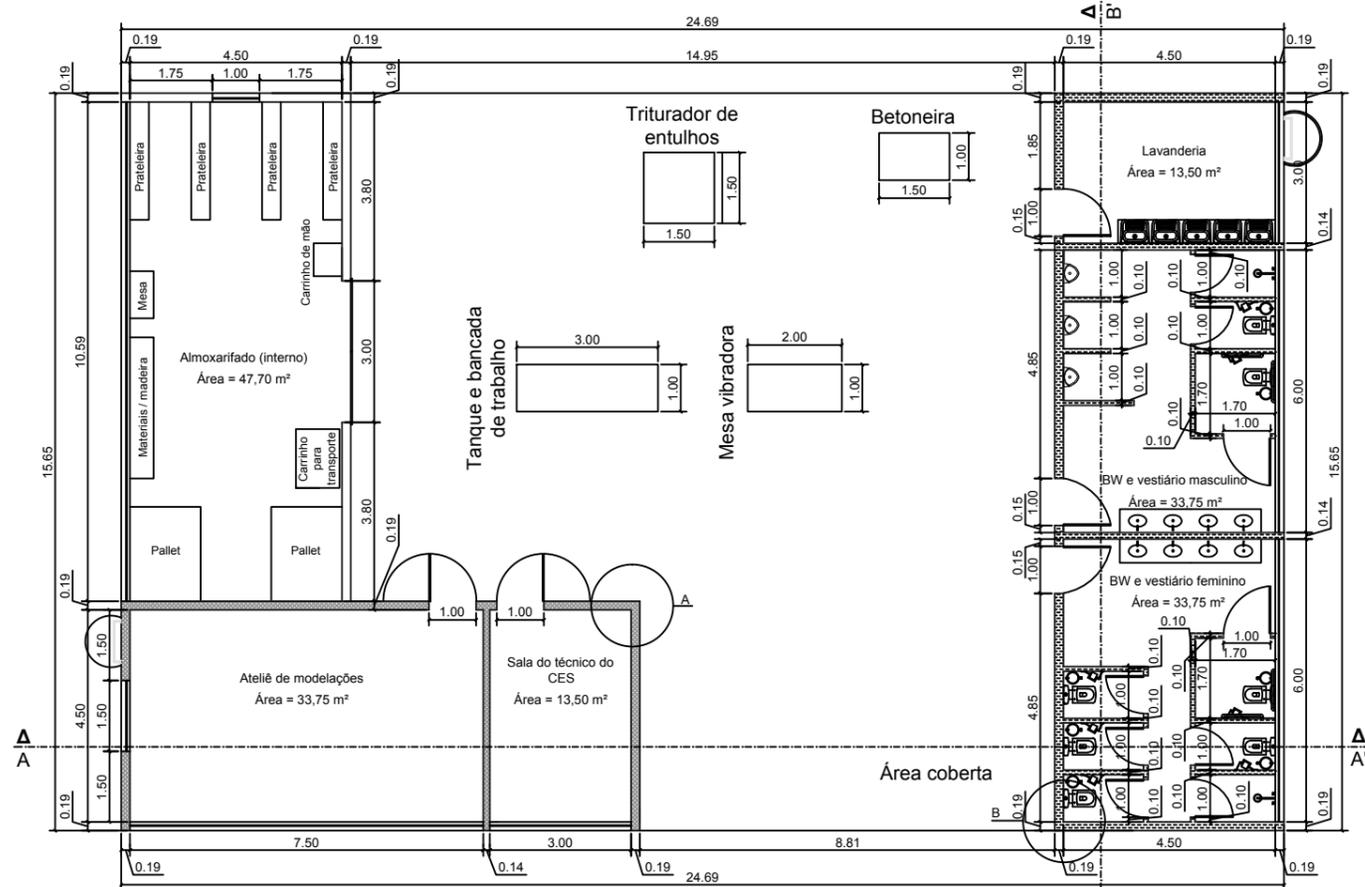
ASSUNTO: Canteiro Experimental Sustentável para UFSC/CEM

ESCALA: 1:200

FOLHA: 02

ALUNO: Solange Neuburger

DATA: 07/07/2015

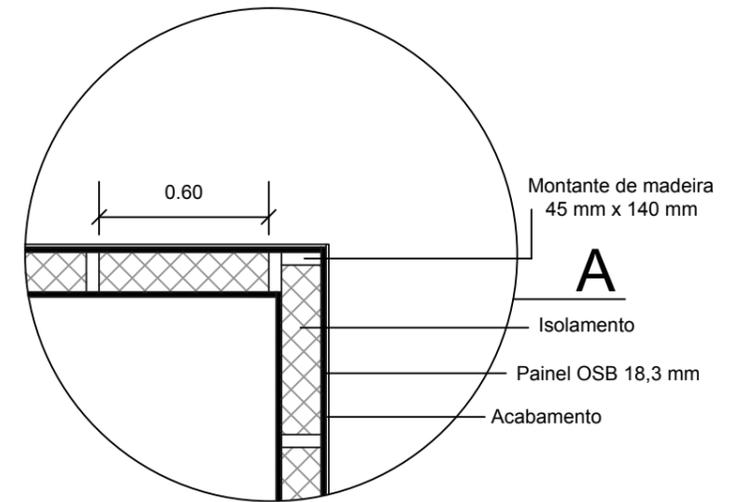


PLANTA DO CANTEIRO EXPERIMENTAL SUSTENTÁVEL  
Escala 1:150

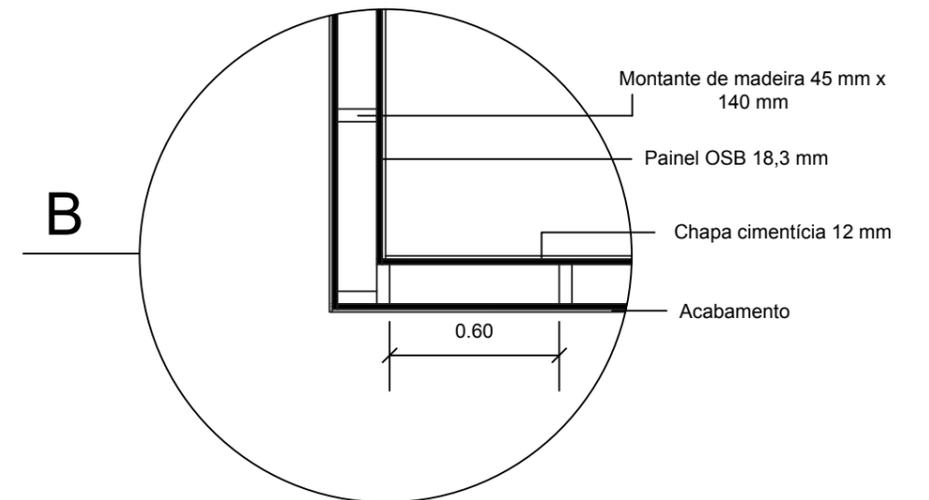
Legenda

- Parede com isolamento
- Parede sem isolamento
- Parede com chapa cimentícia\*

\*Válido para as divisórias em drywall de 10 cm dos banheiros

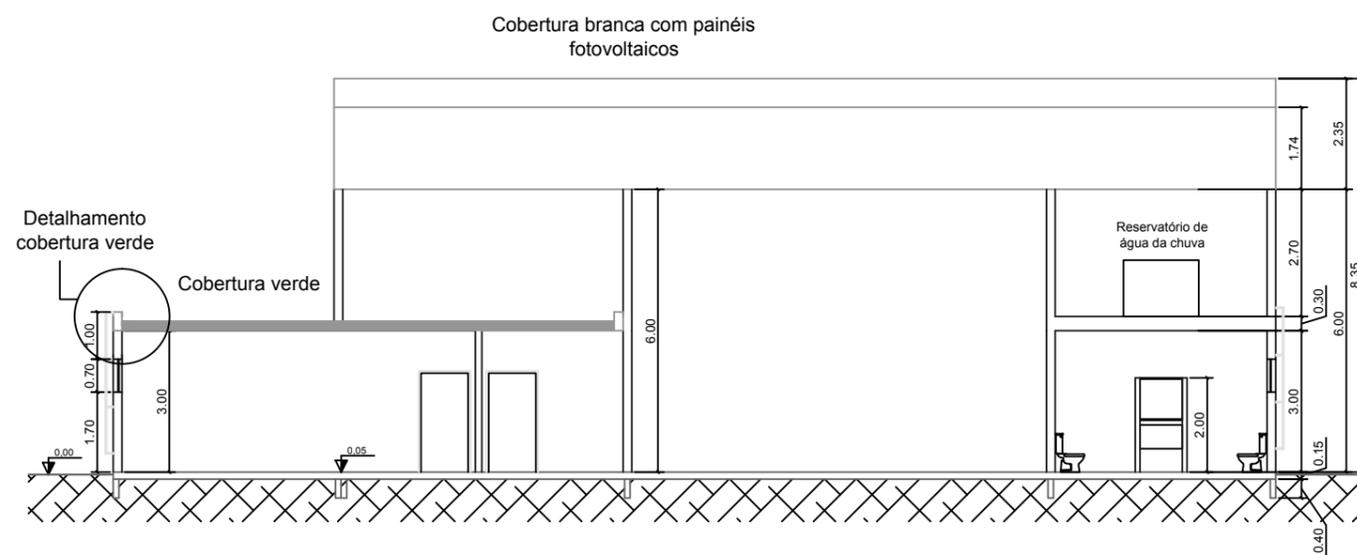


DETALHAMENTO PAREDE COM ISOLAMENTO  
Escala 1:25

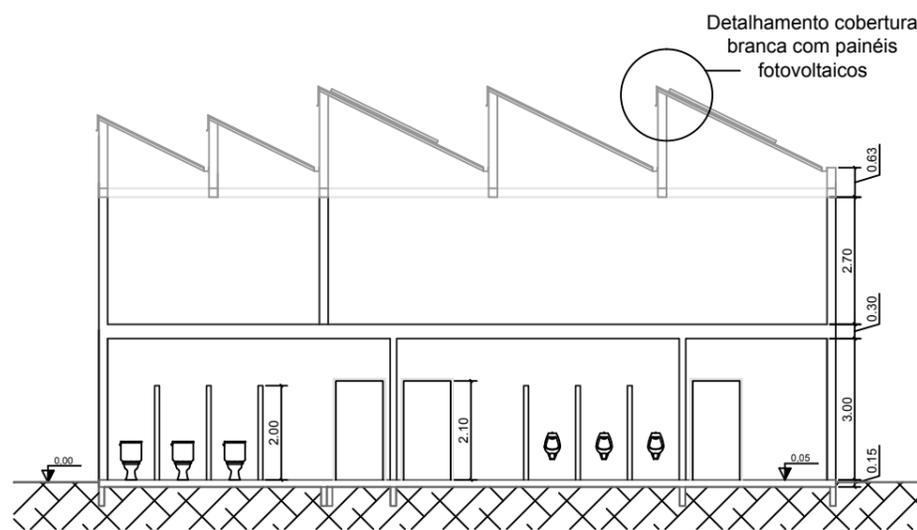


DETALHAMENTO PAREDE COM CHAPA CIMENTÍCIA  
Escala 1:25

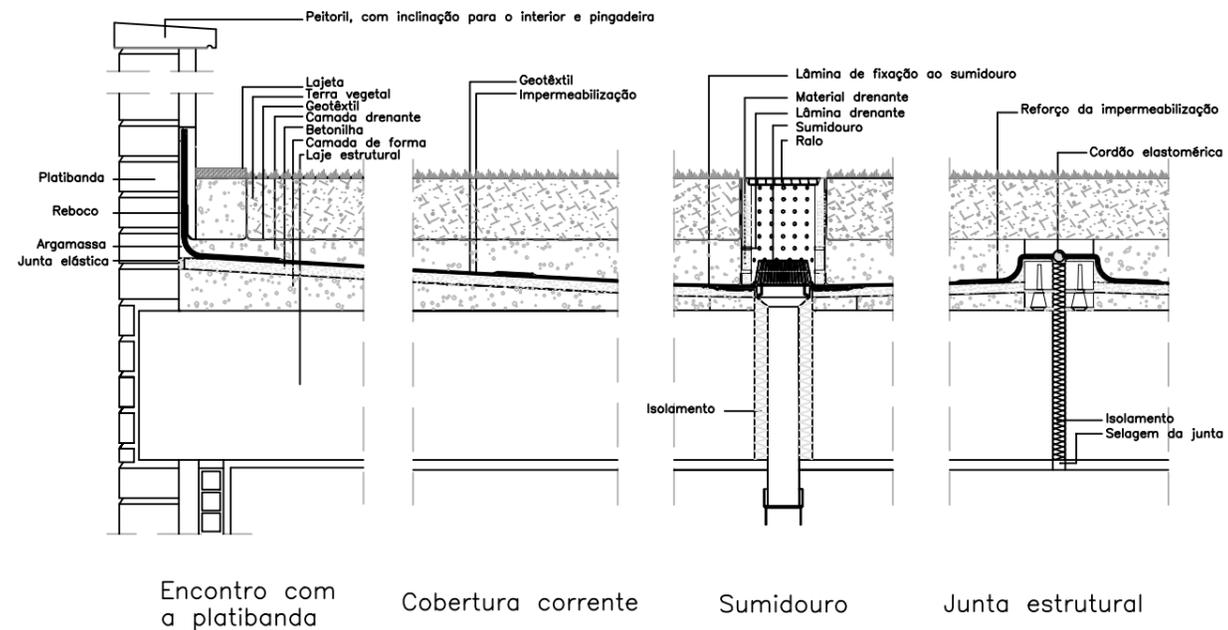
DISCIPLINA:	Trabalho de Conclusão de Curso	ORIENTADOR:	Andréa Holz Pfüzenreuter
ASSUNTO:	Canteiro Experimental Sustentável para UFSC/CEM	ESCALA:	FOLHA: 03
ALUNO:	Solange Neuburger	DATA:	07/07/2015



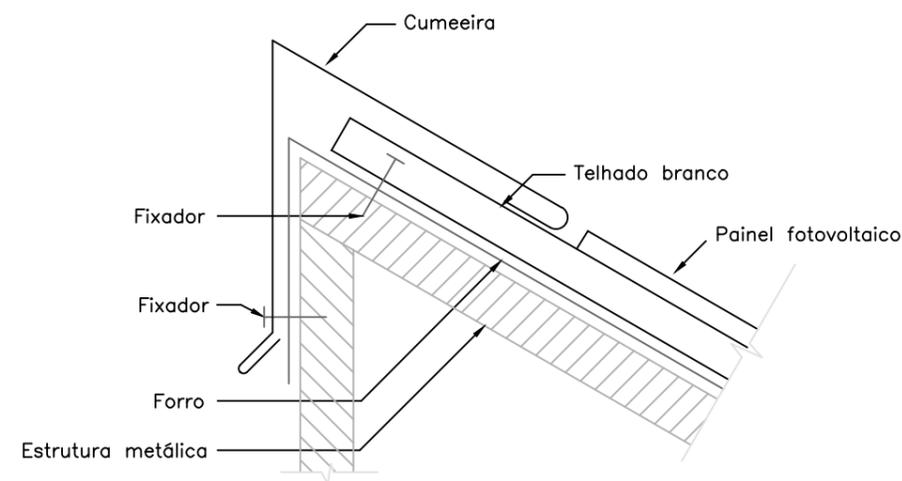
CORTE A - A'  
Escala 1:150



CORTE B - B'  
Escala 1:150

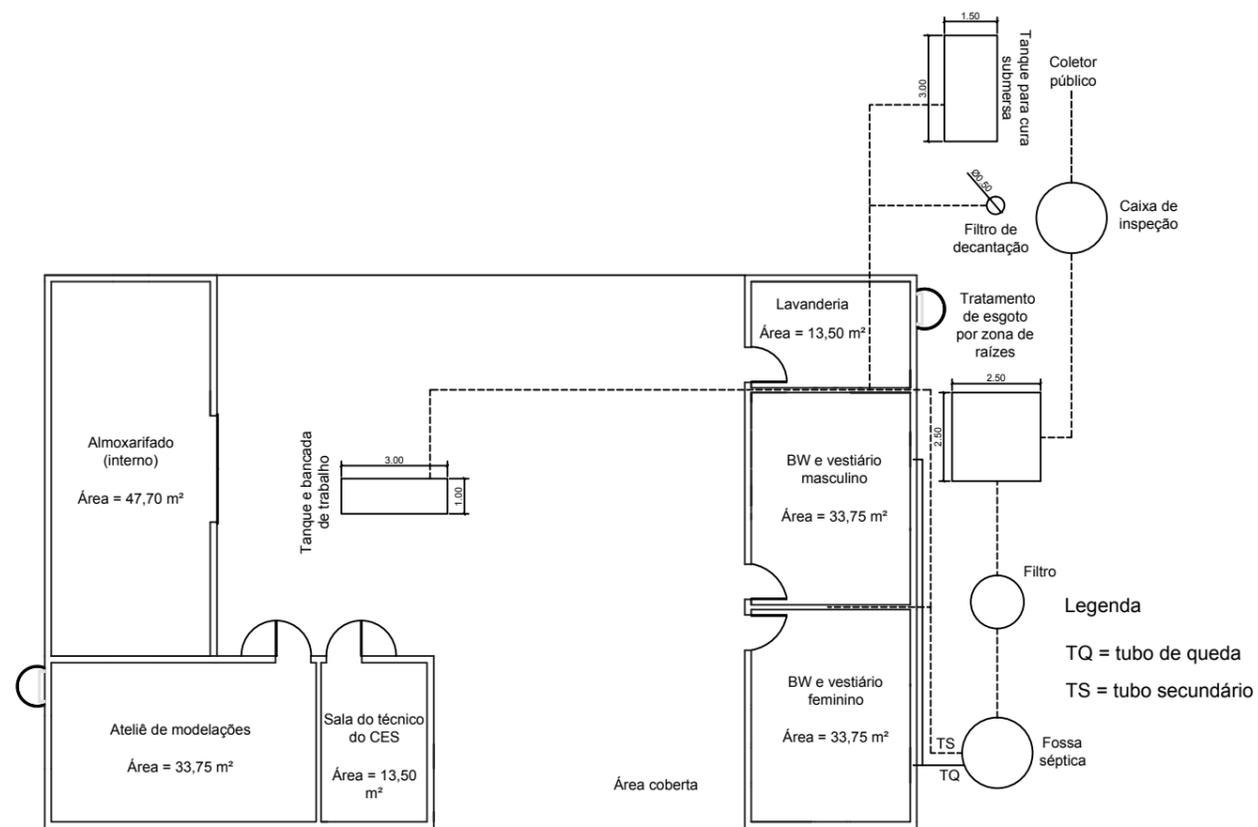


DETALHAMENTO COBERTURA VERDE  
Escala 1:25

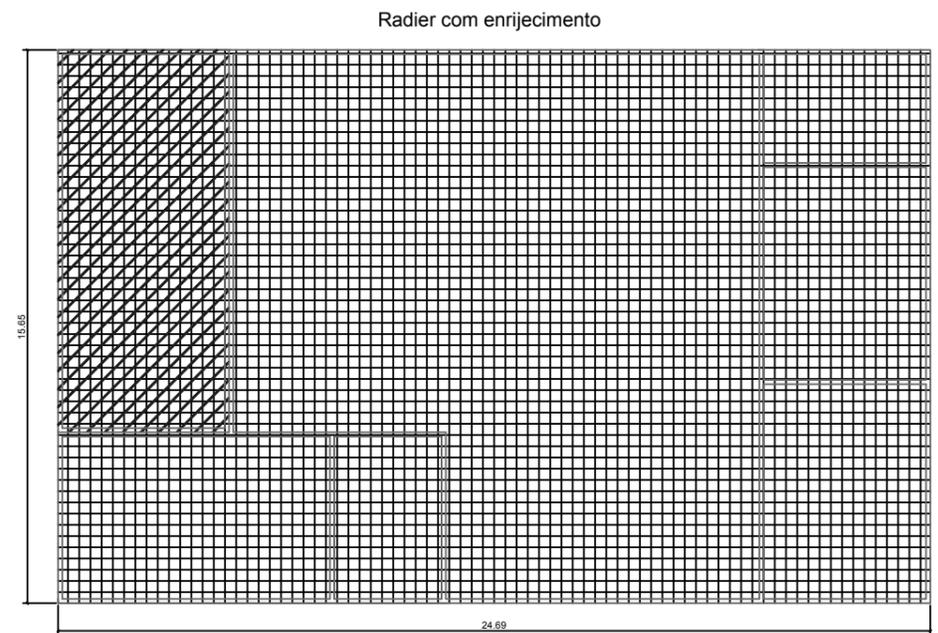


DETALHAMENTO COBERTURA BRANCA COM PAINÉIS FOTOVOLTAICOS  
Escala 1:25

DISCIPLINA:	Trabalho de Conclusão de Curso	DOCENTE:	Andréa Holz Pfüzenreuter
ASSUNTO:	Canteiro Experimental Sustentável para UFSC/CEM	ESCALA:	FOLHA: 04
ALUNO:	Solange Neuburger	DATA:	07/07/2015

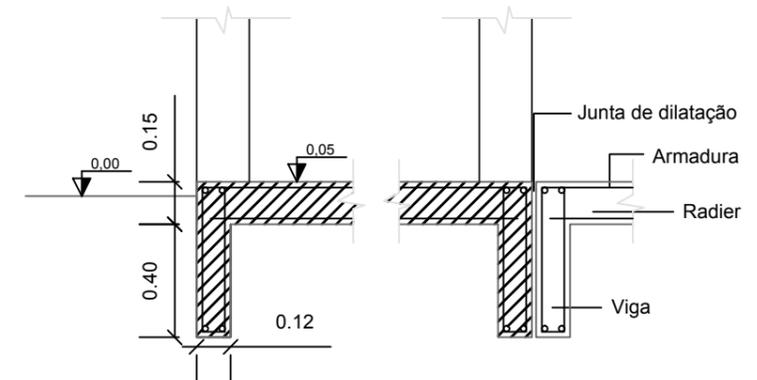


ESQUEMA HIDRÁULICO CANTEIRO EXPERIMENTAL SUSTENTÁVEL  
Escala 1:200



PLANTA FUNDAÇÃO CANTEIRO EXPERIMENTAL SUSTENTÁVEL  
Escala 1:200

- Legenda
- ▨ Radier almoarifado
  - Radier demais áreas do canteiro



DETALHAMENTO FUNDAÇÃO RADIER  
Escala 1:25

DISCIPLINA: Trabalho de Conclusão de Curso

ORIENTADOR: Andréa Holz Pfüzenreuter

ASSUNTO: Canteiro Experimental Sustentável para UFSC/CEM

ESCALA: FOLHA: 05

ALUNO: Solange Neuburger

DATA: 07/07/2015

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos estudos realizados para a construção desse trabalho, pode-se constatar que a adequada gestão dos resíduos provenientes das atividades desenvolvidas nos canteiros de obras, assim como o correto planejamento do *layout* e da logística do canteiro, permitem maior eficiência durante o processo de construção, além de contribuírem para o desenvolvimento sustentável.

Outro ponto importante relatado diz respeito à complementação do ensino acadêmico por meio da implantação de um canteiro experimental, ou seja, um laboratório didático que possibilita a realização de experimentos e estruturas diversas, a fim de auxiliar os estudantes a solucionarem os problemas enfrentados no âmbito da engenharia de infraestrutura, testando e praticando *in loco*. Com a implantação de um espaço como esse dentro do Centro de Engenharias da Mobilidade, acredita-se que os acadêmicos terão mais oportunidades para exercitarem as suas ideias e proporem novas soluções para dificuldades enfrentadas na engenharia.

Ademais, convém salientar que essa monografia propõe que o canteiro experimental do Centro de Engenharias da Mobilidade esteja localizado em um local de fácil acesso, permita a redução dos consumos de água e energia através da adoção de um sistema de captação de água da chuva e painéis fotovoltaicos, e possibilite a separação e reutilização dos resíduos gerados, permitindo que o espaço seja certificado mediante a metodologia de avaliação da sustentabilidade AQUA (Brasil), que preza a construção de um canteiro de obras com baixo impacto ambiental. Assim sendo, a introdução de um canteiro experimental que tem como foco a sustentabilidade, será um diferencial do curso de Engenharia de Infraestrutura, visto que poucas universidades e cursos de engenharia dispõem desse espaço.

Contudo, constatou-se que a escolha da metodologia *Light Wood Frame*, apesar de prezar pela sustentabilidade ao utilizar madeira de reflorestamento na sua concepção, não é a mais indicada para a construção do canteiro experimental sustentável devido ao seu elevado custo. Desse modo, para os trabalhos futuros, é sugerido o estudo de uma nova metodologia para a concepção do canteiro experimental, bem como a quantificação precisa dos custos envolvidos para a implantação desse espaço na Universidade Federal de Santa Catarina. Além disso, sugere-se a elaboração de cálculos estruturais, a fim de confirmar a resistência da estrutura proposta.

## REFERÊNCIAS

- ABCM – Associação Brasileira do Carvão Mineral. **Lei nº 13.557/2005: Política Estadual de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <[http://www.carvaomineral.com.br/abcm/meioambiente/legislacoes/bd\\_carboniferas/residuo/lei\\_estadual\\_13557-2005.pdf](http://www.carvaomineral.com.br/abcm/meioambiente/legislacoes/bd_carboniferas/residuo/lei_estadual_13557-2005.pdf)>. Acesso em: 14 de abril de 2015, às 18:29.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12284/1991: Área de Vivência em Canteiro de Obras**. Brasil, 1991.
- ALLEN, Edward; IANO, Joseph. **Fundamentos da engenharia de edificações: materiais e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- ARAÚJO, Viviane Miranda. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**. 2009. 228p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- BARONE, Rosa Elisa Mirra. **Canteiro-escola: trabalho e educação na construção civil**. São Paulo: EDUC, 1999.
- BAZANELLI, Ana Cristina Danelon Rigo. **Uma nova abordagem do orçamento na construção civil frente à filosofia gerencial do pensamento enxuto**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil. Campinas, 2003.
- BITTENCOURT, Mariana. **Avaliação de aspectos ambientais em canteiros de obras**. 2012. 246p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2012.
- BLUMENSCHNEIN, Raquel Naves. **Manual técnico: Gestão de Resíduos Sólidos em Canteiros de Obras**. Brasília: SEBRAE/DF, 2007.
- CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra; MOREIRA, Kelvya Maria de Vasconcelos. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Ceará. Programa Qualidade de Vida na Construção. Fortaleza, 2011.
- CÂMARA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2008. 60p.
- CARDOSO, Francisco Ferreira. **Redução de impactos ambientais dos canteiros de obras: exigências das metodologias de avaliação da sustentabilidade de edifícios**. In: XI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: A Construção do Futuro (ENTAC 2006). Florianópolis, 23-25 de agosto de 2006. ISBN 85-89478-18-1.
- CHAGAS, Carla Daniela Chagas; SILVA, Júnio Cesar de Resende; ALVES, Leôncio Junio; SILVA, Mateus Santiago da. **Avaliação da economia de água em uma indústria de concreto usinado no Município de Arcos – MG**. XI Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 21 a 23 de maio de 2014, Poços de Caldas, Minas Gerais.
- CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction [Internet]. Disponível em: <<http://www.cibworld.nl/site/home/index.html>>. Acesso em: 16 de março de 2015, às 18:24.
- Climate-Data [Internet]. Disponível em: <<http://pt.climate-data.org/location/4496/>>. Acesso em: 21 de junho de 2015, às 11:57.

CREDIDIO, Fernando. **Construções sustentáveis: conforto e respeito ao meio ambiente – Parte 1** [Internet]. São Paulo, 2008. Disponível em: <[http://www.institutofilantropia.org.br/secoes/sustentabilidade/item/2407-construcoes\\_sustentaveis\\_conforto\\_e\\_respeito\\_ao\\_meio\\_ambiente\\_parte\\_1](http://www.institutofilantropia.org.br/secoes/sustentabilidade/item/2407-construcoes_sustentaveis_conforto_e_respeito_ao_meio_ambiente_parte_1)>. Acesso em: 17 de março de 2015, às 13:30.

CUNHA, Nelma Almeida. **Resíduos da construção civil – análise de usinas de reciclagem**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

CWC – Canadian Wood Council – Sustainability [Internet]. Disponível em: <<http://www.cwc.ca/DesignWithWood/Sustainability/?Language=EN>>. Acesso em: 31 de maio de 2015, às 11:18.

EOHOMES. **EcoHomes 2005 – The environmental rating for homes**. The Guidance – 2005 / Issue 1.1. Watford, UK, 2005.

ELIAS, Sérgio José Barbosa; LEITE, Madalena Osório; SILVA, Régis Rafael Tavares da; LOPES, Luís Carlos Aguiar. **Planejamento do layout de canteiros de obras: aplicação do SLP (Systematic Layout Planning)**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 18., 1998, Niterói. Anais do XXXI ENEGEP. Niterói: ENEGEP, 1998.

EPA – United States Environmental Protection Agency. **Characterization of Building - Related Construction and Demolition Debris in the United States**. Report No. EPA530-R-98-010, 1998.

FARR, Douglas. **Urbanismo Sustentável: Desenho Urbano com a Natureza**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

FAU Mackenzie. **Data histórica: inaugurado canteiro experimental [Internet]**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie; [atualizado em 10 de fevereiro de 2015; citado em 15 de maio de 2014]. Disponível em: <<https://faumack.wordpress.com/2014/05/15/data-historica-inaugurado-canteiro-experimental/>>. Acesso em: 18 de abril de 2015, às 12:27.

FIORELLI, Juliano. **Sistema de cobertura modular em madeira de reflorestamento, chapa de partículas e telha reciclada à base de embalagens longa vida para aplicação em construções rurais**. Relatório final de Pós-Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, São Carlos, 2009.

FRANKENFELD, Norman. **Produtividade**. Rio de Janeiro: CNI, 1990.

GOODLAND, Robert. **The Concept of Environmental Sustainability**. Annual Review of Ecology and Systematics. Vol. 26, 1995, p. 1-24.

GRIGOLI, Ademir Scobin. **Entulho em canteiro de obra utilizado como material de construção – uma alternativa inadiável**. In: IV Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil: materiais reciclados e suas aplicações, 2001, São Paulo. INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO - COMITÊ 206, 2001a. v. 1. p. 251-264.

GRIGOLI, Ademir Scobin. **Reciclagem de entulho em canteiro de obras – viabilidade econômica**. In: 43º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, Foz do Iguaçu, 2001b.

Item 6 Arquitetura e Sustentabilidade [Internet]; 2014. Disponível em: <<http://www.item6.com.br/arquitetura-sustentavel/perguntas-frequentes>>. Acesso em: 24 de junho de 2015, às 15:24.

JAGGER, Michelle. **Certificações e selos verdes**. XIX Seminário de Iniciação Científica da PUC-RIO. Rio de Janeiro, 23-26 agosto de 2011.

JOINVILLE. **Lei nº 5159/2005: Sistema para a Gestão Sustentável de Resíduos da Construção e Resíduos Volumosos no município de Joinville**. Disponível em: <

[joinville.jusbrasil.com.br/legislacao/500155/lei-5159-05](http://joinville.jusbrasil.com.br/legislacao/500155/lei-5159-05)>. Acesso em: 14 de abril de 2015, às 16:28.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

LEITE, Madalena Osório; PINHO, Igor Barros; PEREIRA, Pedro Eduardo; HEINECK, Luiz Fernando Mählmann; ROCHA, Francisco Eugênio Montenegro da. **Aplicação do sistema Kanban no transporte de materiais na construção civil**. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Florianópolis, SC, Brasil, 03 a 05 de novembro de 2004.

LEITE, Vinicius Fares. **Certificação ambiental na construção civil – Sistemas LEED e AQUA**. Trabalho de conclusão de curso. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

LEMES, João Luiz Villas Boas; SCHIRMER, Waldir Nagel; CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; KAICK, Tamara Van; ABEL, Osnei; BÁRBARA, Rozenilda Romaniw. **Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural**. Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 169-179, abr./jun. 2008.

LOTUFO, Tomaz Amaral. **Um novo ensino para outra prática. Rural Studio e Canteiro Experimental, contribuições para o ensino de arquitetura no Brasil**. 2014. 158p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituições de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MARTINS, Dayana Faustino. **Sustentabilidade no canteiro de obras**. Trabalho de conclusão de curso. Escola Politécnica – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MINTO, Fernando Cesar Negrini. **A experimentação prática construtiva na formação do arquiteto**. 2009. 223p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MOLINA, Julio Cesar; JUNIOR, Carlito Calil. **Sistema construtivo em wood frame para casa de madeira**. Revista Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez. 2010.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Guia para elaboração dos planos de gestão de resíduos sólidos**. Brasília, 2011.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 12.305/2010: Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 14 de abril de 2015, às 16:28.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA nº 307/2002: Resíduos da Construção Civil**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em: 21 de março de 2015, às 14:08.

MODLER, Néborá Lazzarotto; ALBERTON, Josicler Orbem; MODLER, Luís Eduardo Azevedo; VAZ, Murad Jorge Mussi. **Integração horizontal através de exercício projetual – canteiro experimental e história da técnica – um relato de experiência**. O Projeto como Instrumento para a Materialização da Arquitetura: ensino, pesquisa e prática. Salvador, 26 a 29 de novembro de 2013.

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/>>. Acesso em: 02 de maio de 2015, às 19:42.

\_\_\_\_\_. **NR 18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/>>. Acesso em: 17 de março de 2015, às 15:04.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de resíduos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NAKAMURA, Juliana. **Light Wood Frame**. Revista Técnica, Edição 148 – Julho/2009.

OLIVEIRA, Jorge Antonio da Cunha. **Proposta de avaliação e classificação da sustentabilidade ambiental de canteiros de obras. Metodologia Eco Obra aplicada ao Distrito Federal – DF**. 2011. 286p. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, 2011.

OLIVEIRA, Otávio José de. **Influências do projeto de produção e do projeto de canteiro no sistema logístico da construção de edifícios**. I Workshop Nacional de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios. São Paulo, Brasil, 2001.

PEKELMAN, Helio; JÚNIOR, Antônio Gonçalves de Mello. **A importância dos laboratórios no ensino de Engenharia Mecânica**. COBENGE 2004 – XXXII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – Brasília, DF, 2004.

PETKOW, Marilize; ALMEIDA, Vera Luci. **Ecoeficiência e o desenvolvimento sustentável - um estudo de caso em um hotel certificado pela ISO 14001**. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Porto Alegre, RS, Brasil, 29 de outubro a 01 de novembro de 2005.

PEZZI, Carlos Hernández. **Um Vitruvio Ecológico: Principios y Práctica del Proyecto Arquitectónico Sostenible**. Barcelona: Gustavo Gili, 2007.

PINATT, Jéssica Marcomini; ALMEIDA, Nicolas Gabriel Carvalho de; MORI, Luci Mercedes de. **CONSTRUÇÃO CIVIL: Coletânea de inovações tecnológicas**. III Seminário de Engenharia Civil da UEM. Maringá, Brasil, 04 de dezembro de 2013.

PINI. Revista Técnica [Internet]. Disponível em: <<http://www.techne.pini.com.br/techne/assuntos/sistemas-constructivos.aspx>>. Acesso em: 29 de abril de 2015, às 19:52.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos da construção urbana**. 1999. 189p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

\_\_\_\_\_. **Reciclagem no canteiro de obras – responsabilidade ambiental e redução de custos**. Revista Técnica, nº. 49, p.64-68. nov/dez 2000.

PISANI, Maria Augusta Justi; CÔRREA, Paulo; CALDANA, Valter; VILLÀ, Joan; GRAZIOSI, João. **Canteiro experimental: prática ou invenção?** Por Grupo Arquitetura e Construção – Vol. 1 Nº 2 Out 06.

PORTO, Marcio. **O Processo de Projeto e a Sustentabilidade na Produção da Arquitetura**. São Paulo: C4, 2009.

FCAV – Fundação Carlos Aberto Vanzolini. **Referencial técnico de certificação “Edifícios habitacionais – Processo AQUA”**. São Paulo, versão 2, 2013.

RIBEIRO, Paula Frassinetti Cavalcante. **Caracterização dos canteiros de obras da cidade de Angicos/RN**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2011.

RIOS, Roberto Domingos. **A importância do estágio supervisionado no currículo do curso de Engenharia Civil.** COBENGE 2003 – XXXI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – Rio de Janeiro, RJ, 2003.

ROAF, Susan; FUENTES, Manuel; THOMAS, Stefhanie. **Ecohouse: A Casa Ambientalmente Sustentável.** Porto Alegre: Bookman, 2006.

ROCHA, Ana Paula. **Grupo de trabalho quer homologar construção em Light Wood Frame na Caixa.** Revista Pini Web, Tecnologia e Materiais, set./2009.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **A Arquitetura Bioclimática do Espaço Público.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2007.

RONCONI, Reginaldo Luiz Nunes. **Canteiro experimental: 10 anos na FAU USP.** São Paulo, FAUUSP, 2008.

\_\_\_\_\_. **Canteiro experimental – uma proposta pedagógica para a formação do arquiteto e urbanista.** Pós. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, São Paulo, v. 17, p. 142-158, 2005.

\_\_\_\_\_. **Inserção do canteiro experimental nas faculdades de arquitetura e urbanismo.** 2002. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ROTH, Caroline das Graças; GARCIAS, Carlos Mello. **Construção Civil e a Degradação Ambiental.** Revista DESENVOLVIMENTO EM QUESTÃO. Editora Unijuí. Ijuí, Rio Grande do Sul. Ano 7, nº 13, jan./jun. de 2009.

SALVIANO, Marcos Figueiredo. **Análise da relação custo-benefício de um sistema de captação de água da chuva em uma indústria metalúrgica.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SAURIN, Tarcisio Abreu; FORMOSO, Carlos Torres. **Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos.** Porto Alegre: ANTAC, 2006.

SCHEIDEMANTEL, Sheila Elisa; KLEIN, Ralf; TEIXEIRA, Lúcia Inês. **A importância da extensão universitária: o Projeto Construir.** Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária – Belo Horizonte – 12 a 15 de setembro de 2004.

SILVA, Alex Fabiane Fares da. **Gerenciamento de resíduos da construção civil de acordo com a resolução CONAMA nº 307/02: estudo de caso para um conjunto de obras de pequeno porte.** 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

SILVA, Vanessa Gomes da. **Metodologias de avaliação de desempenho ambiental de edifícios: estado atual e discussão metodológica.** Tecnologias para construção habitacional mais sustentável. Projeto Finep 2386/04, São Paulo, 2007.

TELLO, Rafael; RIBEIRO, Fabiana Batista. **Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da construção.** Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção; Serviço Social da Indústria; Nova Lima: Fundação Dom Cabral, 2012.

UNISOCIESC – Educação e Tecnologia. Site institucional. Disponível em: <<http://www.sociesc.com.br/pt/home/index.php>>. Acesso em: 13 de maio de 2015, às 21:07.

Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS. Site institucional. Disponível em: <<http://www.uffs.edu.br/index.php>>. Acesso em: 18 de abril de 2015, às 16:02.

Universidade Positivo – UP. Site institucional. Disponível em:  
<<http://www.up.edu.br/institucional/noticias/competicao-de-canoas-de-concreto-movimentada-universidade-positivo>>. Acesso em: 12 de maio de 2015, às 20:39.

USGBC – U.S. Green Building Council [Internet]. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/>>. Acesso em: 21 de março de 2015, às 12:45.

VALENTE, Josie Pingret. **Certificações na construção civil: comparativo entre LEED e HGE**. Trabalho de conclusão de curso. Escola Politécnica – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

XXXI ENSEA – Encontro Nacional sobre Ensino de Arquitetura e Urbanismo. Anais: **XXXI ENSEA/XXXV COSU: Novos cenários para o ensino de arquitetura e urbanismo: atualizar, avaliar, acreditar**. São Paulo-SP – Brasil, 22 a 24 de novembro de 2012, Centro Universitário Belas Artes de São Paulo. São Paulo: ABEA, 2012. Disponível em:  
<[http://issuu.com/gogli/docs/caderno\\_37/117](http://issuu.com/gogli/docs/caderno_37/117)>. Acesso em: 22 de abril de 2015, às 16:29.