

AVALIAÇÃO DE UM ABRIGO DE ÔNIBUS EM ESTRUTURA METÁLICA A PARTIR DA ABORDAGEM DO DESIGN PARA SUSTENTABILIDADE

AN ASSESSMENT OF A BUS SHELTER THROUGH DESIGN FOR SUSTAINABILITY APPROACH

SATIRO, Débora Escárlate Antunes

Programa de Pós-graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais
deboraantunes206@gmail.com

WANDERLEY, Joana do Vale Dourado

Programa de Pós-graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais
valedourado@gmail.com

BATISTA, Mylene Fernandes

Programa de Pós-graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais
mylenefer.batista@gmail.com

ROMEIRO FILHO, Eduardo

Departamento de Engenharia de Produção Escola de Engenharia Universidade Federal de Minas Gerais
romeiro@ufmg.br

RESUMO

A sustentabilidade ambiental é um aspecto crucial para o projeto de equipamentos de mobiliário urbano, tendo em vista a redução dos impactos nas diversas fases do ciclo de vida, como extração de matérias-primas, fabricação, transporte, montagem, manutenção e destinação final após o período de vida útil. Este artigo apresenta a avaliação dos aspectos de sustentabilidade ambiental relacionados a um novo modelo de abrigo de ônibus desenvolvido para a cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais – Brasil, no qual se percebe a ausência de integração dos aspectos de ecoeficiência do produto. Para uma possível melhoria dos resultados ambientais, algumas prioridades são apontadas e devem ser consideradas no projeto de design. Os métodos utilizados para avaliação foram as ferramentas Diagrama de Estratégias de Ecodesign (DEE); Listas de Verificação para Design do Ciclo de Vida; e Matriz MET (Materiais, Energia, Toxicidade). Um ponto importante observado é a capacidade de reciclabilidade do aço que não é explorada no processo de fabricação. Indo além de aspectos meramente ambientais, percebe-se também que a relação usuário-produto é pouco explorada no projeto. Por fim, são apresentadas considerações sobre como o design pode atuar melhorando a concepção dos abrigos de ônibus, para atender as especificidades de um público diversificado e atender aos princípios de sustentabilidade ambiental.

Palavras-chave: Ecoeficiência. Abrigos para Ônibus. Design para Sustentabilidade. Ecodesign

ABSTRACT

Environmental sustainability is a crucial aspect for the design of urban furniture equipment, with a view to reducing impacts in the various phases of the life cycle, such as extraction of raw materials, manufacture, transportation, assembly, maintenance and final disposal after the period of useful life. This article presents the evaluation of the environmental sustainability aspects related to a new bus shelter model developed for the city of Belo Horizonte, Minas Gerais - Brazil, in which the absence of integration of product eco - efficiency aspects is perceived. For a possible improvement of the environmental results, some priorities are pointed out and should be considered in the design project. The methods used for evaluation were the Ecodesign Strategies Diagram (DEE) tools; Checklists for Life Cycle Design; and MET Matrix (Materials, Energy, Toxicity). An important point observed is the recyclability of steel that is not exploited in the manufacturing process. Going beyond merely environmental aspects, it is also noticed that the user-product relationship is little explored in the project. Finally, considerations are presented about how design can work by improving the design of bus shelters, to meet the specificities of a diverse public and to comply with the principles of environmental sustainability.

Keywords: Ecoefficiency. Bus Shelter. Design for Sustainability. Ecodesign.

1. INTRODUÇÃO

Em 2016 começou a ser implementado na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, um novo modelo de abrigo de ônibus. A concessionária vencedora do pregão realizado pela Prefeitura é responsável pela criação, instalação e manutenção dos 1.300 novos abrigos que estão previstos no contrato, com direito à exploração da publicidade nos totens, com concessão de exploração de 25 anos. Segundo a empresa responsável pela exploração da publicidade e concepção do mobiliário, o novo abrigo de ônibus oferece mais conforto, segurança e respeito ao cidadão, além de embelezar a cidade oferecendo “um design inteiramente projetado para atender às necessidades urbanas”. Além do abrigo, foram projetados totens de parada para calçadas mais estreitas e com menor fluxo. Construtivamente, o novo modelo de abrigo de ônibus possui estrutura e cobertura em perfis metálicos e as partes opacas são de chapa metálica. A vedação é feita em chapa metálica perfurada, sendo que nos quadros de informação há uma placa de acrílico. A cobertura é feita com a mesma chapa perfurada na face inferior, e policarbonato na superior. Os assentos são feitos em aço inox e aparafusados à estrutura. O painel eletrônico que informa o horário dos próximos ônibus não está presente em todos os abrigos (Figura 1).

Figura 1 – Novo abrigo de ônibus em Belo Horizonte



Fonte: Urbana Mídia, 2016

Para a avaliação da adequação do abrigo de ônibus à perspectiva do Design para Sustentabilidade, optou-se por avaliar em maior profundidade a adequação da escolha do material predominante – o aço – tanto na estrutura quanto na vedação do abrigo. Além dos

aspectos referentes ao material, foi avaliada a adequação do projeto em relação às funções essenciais que o abrigo de ônibus deve cumprir. O atendimento a esse requisito deve ser pensado no momento do projeto e vai influenciar no prolongamento da sua vida útil pois ampliam o prazo de obsolescência do projeto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo, foram utilizadas três ferramentas voltadas para a avaliação do ciclo de vida de produtos e ecodesign, descritas por Van Hemel (1998), traduzidas para a língua portuguesa por Frazão *et al.* (2003):

2.1. DIAGRAMA DE ESTRATÉGIAS DE ECODESIGN (DEE)

O diagrama é uma representação gráfica em formato de teia que mapeia as estratégias de design para o desenvolvimento de produtos através de uma análise das fases do ciclo de vida, permitindo evidenciar as áreas que necessitam de melhoria quanto ao impacto ambiental do produto analisado. É utilizado um gráfico em formato de teia (ou radar) para a avaliação, normalmente pela equipe responsável pela melhoria do produto ou por especialistas em ecodesign. São traçadas duas áreas, correspondentes a (1) a situação observada e (2) o potencial de melhoria apresentado pelo produto em suas diferentes fases do ciclo de vida. É muitas vezes aplicada com o apoio da lista de verificação para design do ciclo de vida, comentada a seguir.

2.2. LISTAS DE VERIFICAÇÃO PARA DESIGN DO CICLO DE VIDA

É uma ferramenta qualitativa que avalia critérios de ecoeficiência de um produto durante as fases do ciclo de vida. São quatorze itens de avaliação divididos em cinco grandes etapas do ciclo de vida do produto, que permitem demonstrar um panorama do produto analisado. A estrutura básica da lista (FRAZÃO *et al.*, Op.Cit) é apresentada a seguir:

Pré-fabricação: Otimização da função; poupança de recursos naturais; uso de recursos renováveis e suficientemente disponíveis; Prevenção/minimização da utilização de substâncias perigosas.

Fabricação: Racionalização de consumos (matérias-primas, energia, água); Prevenção ou minimização na origem de emissões e resíduos.

Distribuição: Otimização do sistema de embalagem; Implementação de um sistema adequado

de logística.

Utilização: Aumento da durabilidade do produto; Prevenção ou minimização dos impactos da utilização do produto.

Fim de vida: Otimização da desmontagem; Otimização da reutilização do produto; Otimização da reciclagem de materiais; Deposição adequada de materiais não recuperáveis.

2.3. MATRIZ MET (MATERIAIS, ENERGIA, TOXICIDADE)

É uma análise de entradas e saídas para avaliação e mensuração dos impactos ambientais associados ao produto analisado. Permite fazer uma análise dos problemas e definir prioridades, principalmente na fase de solução do desenvolvimento do produto.

É evidente que as ferramentas podem e devem ser aplicadas conjuntamente, de acordo com as características do produto analisado, objetivos do projeto e grau de conhecimento da equipe envolvida. Neste caso, as ferramentas foram aplicadas de maneira sucessiva, para subsidiar as conclusões do estudo.

3. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

O abrigo de ônibus necessita ter uma estrutura robusta e de fácil manutenção, resistente à ação do tempo e aos atos de vandalismo. Por isso, a escolha da estrutura metálica pode ser considerada adequada face às especificidades do seu uso. A estrutura metálica possui características que favorecem a sua utilização (FORMIGONI *et al.*, 2015): alta resistência do material nos estados de tensão de diversos tipos (tração, flexão etc.); boa margem de segurança devido ao alto nível de homogeneidade das propriedades mecânicas do aço; impermeabilidade a água e ao gás; redução dos prazos de conclusão de obras; facilidade na desmontagem, substituição ou reparo da estrutura. A facilidade de desmontagem propicia a reciclagem, sendo que o aço é totalmente reciclável, podendo ser fundido infinitas vezes sem perder suas propriedades.

Pelo fato do abrigo para ônibus possuir uma estrutura modular e padronizada, de forma geral é indicada a pré-fabricação, gerando uma montagem mais rápida e eficiente em campo, minimizando prejuízos e atrasos. A diversidade de perfis de aço encontrados no mercado permite uma grande flexibilidade na sua utilização. Além disso, são estruturas leves, o que facilita o transporte e a montagem, e reduz o impacto das fundações. Os aspectos ambientais do aço são decorrentes do seu alto potencial de reciclagem, embora o impacto em sua produção seja

bastante alto.

O principal problema da estrutura metálica é a facilidade de corrosão, necessitando de proteção através de uma camada de pintura ou outros tratamentos superficiais, que requerem constante manutenção (FORMIGONI *et al.*, 2015). A corrosão se dá por contato com gases nocivos, umidade ou processos eletroquímicos, enquanto a oxidação acontece pela ação de agentes químicos e é mais favorecida em temperaturas elevadas. A estrutura atingida por corrosão superficial pode ser restaurada com limpeza por jato de areia, enquanto as mais avançadas obrigam o reforço ou a substituição das peças danificadas. A corrosão pode também ser evitada através da ação preventiva, isolando o aço do contato com o ambiente (por meio de pintura, por exemplo) ou do uso de ligas especiais como o aço inoxidável. A corrosão é um processo de deterioração do material pela ação eletroquímica ou química do meio, que produz alterações prejudiciais e indesejáveis nos elementos estruturais e que pode ser facilmente encontrada em obras metálicas. A corrosão acarreta a modificação das características da liga metálica, fazendo com que ela acabe perdendo suas qualidades essenciais, tais como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, estética, entre outros. Em certos casos quando a corrosão atinge níveis críticos, torna-se inviável sua retirada, sendo, a melhor solução para o problema, a prevenção e o controle (GENTIL, 2007).

Existem outros aspectos importantes na utilização do aço e no esforço para a conservação de suas características funcionais, prolongando o quanto possível sua vida útil. A extração do minério é uma atividade com grande impacto ambiental e social, já que a mineração retira a cobertura vegetal original, provoca erosão, produz danos irreversíveis ao relevo ao criar imensas crateras. Também utiliza grande quantidade de água em todo seu processo, gerando poluição nos rios e impacto social negativo para as comunidades locais (COELHO; BRANDÃO, 2013).

3.1. DIAGRAMA DE ESTRATÉGIAS DE ECODSIGN (DEE)

Através do preenchimento do Diagrama de Estratégias de Ecodesign, chegamos às seguintes conclusões sobre a estrutura metálica do abrigo de ônibus:

1. Escolha de materiais com baixo impacto associado: poderia ser utilizado aço inox ao invés do aço convencional, que demanda menos manutenção e sofre menos corrosão. Além disso, a capacidade de reciclagem do aço é pouco explorada no processo de fabricação (apenas 30% da produção do aço vem da reciclagem, de acordo com FORMIGONI *et al.* (2015). Para a escolha do material, esta característica deve ser considerada.

2. Redução do uso de materiais: o projeto poderia avaliar a utilização de perfis mais leves, porém resistentes, sem prejuízo da função. Atualmente o material deve ser robusto para suportar a degradação ambiental e os atos de violência praticados contra o produto. Novas ferramentas de projeto, como aplicação de sistemas computacionais para simulação de esforços em estruturas metálicas, podem ser utilizadas para redução da quantidade de material utilizado, sem degradação das funções da estrutura.

3. Otimização das técnicas de produção: a reciclagem do aço poderia ser ampliada durante o processo de fabricação. O tipo de forno utilizado na fabricação do aço determina a otimização de recursos necessários.

4. Otimização do sistema de distribuição: geralmente a estrutura metálica utilizada nos abrigos de ônibus de Belo Horizonte tem sua fabricação e distribuição feitas localmente, através de transporte rodoviário, com alguma intervenção feita fora do Estado. A montagem também é feita no local. Como é um sistema predominantemente pré-fabricado, o transporte desmontado reduz o volume transportado e permite uma melhor distribuição da logística;

5. Redução do impacto na fase de utilização: o consumo energético é mínimo quando se há painéis informativos de LED nos abrigos de ônibus.

6. Otimização do tempo de vida inicial: suscetibilidade à corrosão, alterando a qualidade do produto. Requer que sejam cobertos com uma camada de tinta ou outros meios de tratamento superficial. No entanto, a manutenção do produto não é feita periodicamente e sua substituição é a longo prazo. A manutenção, quando feita, não é otimizada devido as conexões das peças não serem de fácil acesso. É um produto que acompanha tendências da arquitetura e urbanismo, não considerando uma configuração mais atemporal. Interação usuário-produto insatisfatória. Não atende suficientemente as funções de proteção, conforto, segurança e informação.

7. Otimização do sistema de fim de vida: apesar das suas potencialidades, a reciclagem do aço ainda é pouco explorada e o descarte inapropriado pode acarretar em resíduos tóxicos no meio ambiente.

@. Desenvolvimento de novos conceitos: a concepção do produto não considera a integração da estética, funcionalidade e representação simbólica para o usuário. Se o usuário não se sente confortável perante o produto, se este não o atende em questões de segurança, conforto e usabilidade, ele terá dificuldades para perceber e valorizar este bem como público e compartilhado. Um exemplo são as campanhas informativas instaladas nos novos abrigos de ônibus. Outra iniciativa existente é o desenvolvimento de aplicativos para smartphones que

informam a que distância que o ônibus está da parada e o tempo de espera necessário. É uma alternativa interessante, embora dependa de acesso à internet pelo usuário.

3.2. LISTAS DE VERIFICAÇÃO PARA DESIGN DO CICLO DE VIDA

O *checklist* foi feito adotando o esquema ABC, na qual A significa uma situação ideal – o critério foi considerado na sua globalidade; B significa uma situação a explorar – há oportunidades de melhoria e C uma necessidade urgente de ação – o critério nunca foi considerado, ou ainda não se conhece solução.

Pré-fabricação

1. Otimização da função: Com relação às decisões de projeto e o atendimento à função, verificamos que há oportunidades de melhoria no produto. A estrutura não oferece proteção total para intempéries, enquanto a área de sombreamento é satisfatória apenas durante parte do dia. A visibilidade frequentemente é comprometida por obstáculos no lugar de implantação, ainda que não seja necessariamente um erro do abrigo de ônibus em si. Podemos afirmar que a função menos atendida é a informação, sobretudo a falta de mapas da rede e itinerário das linhas. Com a priorização da veiculação da publicidade, atendendo aos interesses de exploração comercial do abrigo de ônibus em detrimento de sua função social, a informação sobre o funcionamento da rede de transporte pública ao usuário é negligenciada. O painel eletrônico que informa os próximos ônibus não está presente em todos os abrigos, e o aplicativo existente não atende todos os usuários, uma vez que o acesso à internet nos celulares não se estende a toda população.

2. Poupança de recursos naturais: O projeto pode explorar a possibilidade de utilizar perfis mais delgados sem perda de resistência. Quanto ao material, o aço é totalmente reciclável, mas essa característica ainda é pouco explorada no processo de fabricação.

3. Uso de recursos renováveis: O aço é um material totalmente renovável, porém sua matéria prima, sobretudo o minério de ferro, é um recurso não-renovável, além da água (um recurso escasso) utilizada no processo de extração da matéria prima.

4. Uso de substâncias perigosas: Como consequência do tipo escolhido para a produção do aço, caso seja utilizada a sucata, o uso de substâncias perigosas é minimizado.

Fabricação

5. Racionalização de consumos: Na fabricação da matéria prima, quando feita a reciclagem em forno de arco elétrico há uma grande melhora no consumo energético. A fabricação do produto final, o abrigo de ônibus, pode otimizar tanto o consumo energético quanto de material através da pré-fabricação quando feita uma boa gestão da produção.

6. Prevenção / minimização na origem de emissões e resíduos: Também é possível minimizar a origem de emissões e resíduos durante a fabricação do aço a partir da sucata, que tem um percentual de reciclagem de 95%, logo emite menos gases poluentes e consome menos energia.

Distribuição

7. Otimização do sistema de embalagem: Não há necessidade de embalagem para o transporte do produto.

8. Implementação de um sistema adequado de logística: A fabricação de estruturas metálicas é bastante disseminada no estado de Minas Gerais, o que minimiza as distâncias de transporte. Entretanto a rede ferroviária não atende a sua distribuição. A pré-fabricação permite transportar o abrigo desmontado, reduzindo o volume da carga e permitindo otimizar a viagem para o transporte de várias unidades em conjunto, mas a viagem de retorno geralmente é sem carga.

Utilização

9. Aumento da durabilidade do produto: Apesar de ser um material adequado e resistente, sobretudo aos atos de vandalismo, a estrutura metálica necessita de constante manutenção para evitar a corrosão. A utilização de ligas mais resistentes, como o aço inoxidável, minimiza a manutenção, mas tem um custo mais elevado. Os elementos de vedação posterior – chapa perfurada – são aparafusados à estrutura, o que facilita a manutenção, mas os demais são aparentemente soldados. Uma estrutura mais modular facilitaria a manutenção ou troca de peças danificadas.

10. Prevenção / minimização dos impactos na utilização do produto: Os maiores impactos do abrigo de ônibus se dão na fabricação e descarte do produto, durante a utilização o impacto é minimizado.

Fim de Vida

11. Otimização da desmontagem: A opção por mais peças modulares aparafusadas ou

encaixadas em vez de soldadas ou dobradas facilitaria a desmontagem, uso de ferramentas mais simples. Para as peças soldadas são necessárias ferramentas específicas. A desmontagem adequada exige a confecção de um manual de instruções.

12. Otimização da reutilização do produto: Tratando-se de uma estrutura rígida, não foi planejada a reutilização do produto. O abrigo de ônibus, ao se configurar como modular, permite adaptações de acordo com o contexto local em que está inserido, pensando assim na sua reutilização. O desgaste do produto, ao longo de sua utilização, é um dos critérios que merecem maior atenção, uma vez que ele é suscetível a corrosão, dependendo do grau da mesma, torna inviável o reuso do produto. A etapa de fim de vida está ligada, portanto, a fase de utilização, principalmente quando se trata de garantir a manutenção periódica do produto. Quanto a desmontagem da estrutura, a maior parte dos seus componentes é soldada, mas a facilidade ao acesso dos seus componentes permite melhorias na etapa de fim de vida.

13. Otimização da reciclagem dos materiais: O aço é um material totalmente reciclável, podendo ser fundido inúmeras vezes sem perder as suas propriedades. Sendo um produto monomaterial e de fácil desmontagem, o novo abrigo de ônibus permite o destino adequado da estrutura para a reciclagem.

14. Deposição adequada de materiais (ainda) não recuperáveis: O produto final não apresenta materiais tóxicos em sua estrutura. Porém a má destinação do material após o descarte, quando não é levado para reciclagem, mas sim deixado exposto no meio ambiente, fica sujeito à corrosão que pode contaminar o solo e as águas.

3.3. MATRIZ MET

Segundo FRAZÃO et al (2003), a estruturação da matriz MET se dá a partir de abcissas que representam entradas e saídas nas diferentes fases do ciclo de vida (tabela 1), em termos de Fluxos de materiais (M), consumo de energia (E) e utilização ou emissão de substâncias tóxicas (T). Já as ordenadas apresentam esquematicamente essas fases, ou seja, Pré-fabricação (extração e processamento de matérias primas, fornecimento de materiais e componentes, produção e distribuição de energia); Fabricação; Distribuição; Utilização (funcionamento normal e manutenção) e Fim de Vida (recuperação e deposição final). Os autores ainda afirmam que dados dispostos na matriz podem ser quantitativos ou qualitativos consoante a informação disponível.

Tabela 1. Matriz MET

Etapas	Materiais	Energia	Toxicidade
Pré-fabricação	Minério de ferro	Extração mineral Eletricidade Combustível	Contaminação do ar e da água
Fabricação	Sucata, Minério de ferro, Calcário, Coque	Eletricidade Combustível	Efluentes gasosos e de resíduos sólidos/ subprodutos – CO2 e outros gases do efeito estufa
Distribuição	Transporte por caminhão	Combustível	CO2 e outros gases de combustão
Utilização		Eletricidade (painéis LED)	Corrosão, pintura e proteção do material
Fim de Vida	Aço reciclado ou potencialmente reciclável		Ferrugem

Fonte: Os autores

De acordo com IISI (2002), o consumo de energia na produção de aço em alto-forno é de aproximadamente 29 GJ por tonelada de aço, na produção em forno de arco elétrico esse consumo é de cerca de 10 GJ. No caso, a partir da quantidade de aço reciclado utilizada nos processos de produção de aço, facilmente se poderá constatar que as correspondentes emissões de carbono e de outras partículas são também consideravelmente inferiores para o forno de arco elétrico, tornando este um processo mais eficiente em termos ambientais (FORMIGONI *et al.*, 2005). Em cada tonelada de aço reciclado são poupadas 1.25 toneladas de minério de ferro, 630 kg de carvão e 54 kg de calcário (SPOT, 2002). Como o processo de reciclagem requer menos energia, gera menor quantidade de resíduos e provoca uma menor emissão de partículas poluentes do que a produção da mesma quantidade de aço a partir de matérias-primas.

4. ESTRATÉGIAS DE MELHORIA: DIRETRIZES

A partir da análise do ciclo de vida dos novos abrigos de ônibus de Belo Horizonte concluímos algumas estratégias de melhoria para o produto:

1. Considerar os atributos de projeto do mobiliário urbano a partir do design sistêmico.
2. O novo modelo de ponto de ônibus é um projeto único, estático, que não se adapta às especificidades das diversas áreas da cidade. Seria recomendável um projeto que contemplasse a diversidade do espaço urbano.
3. Potencialização do uso do aço reciclado no processo de fabricação.

4. Utilização de aço inox, mais oneroso, porém menos dependente de manutenção.
5. Os módulos da construção poderiam ser aparafusados em vez de soldados para facilitar a desmontagem e substituição de peças danificadas.

O design é um campo multidisciplinar que se apropria da visão estratégica para a resolução de problemas. Sua contribuição na equipe de desenvolvimento do mobiliário urbano perpassa por todas as fases da concepção do produto. Mas, pode ocorrer de o profissional não se atentar para a relação do usuário com o produto, por sua utilização ser atribuída a um público tão diversificado.

Considerar apenas os aspectos técnicos produtivos e os parâmetros ergonômicos no design do mobiliário urbano, é uma visão reducionista e pragmática do designer que deve ser evitada e que pode ter como consequência um produto tecnicamente bem resolvido, mas que, por outro lado, não incorpora o ponto de vista do usuário nem reflete suas aspirações com relação a sua identificação com o objeto (MONTENEGRO, 2017, p. 133).

Reforça-se, portanto, que a atuação do design, para ser explorada em seu potencial, deve abarcar o planejamento sistêmico de forma a considerar todos os pontos e determinar todas as diretrizes projetuais, para que a relação usuário-produto seja satisfatória. Este planejamento sistêmico se apoia em ferramentas e métodos explorados pelos designers.

O design se qualifica para o desenvolvimento de soluções para questões de alta complexidade, com uma visão ampla e integrada do projeto, apoiada pela ação conjunta a outras disciplinas. “É neste contexto que a riqueza interpretativa e a habilidade visionária, características próprias desta disciplina, podem contribuir para o desenvolvimento de uma pluralidade de soluções e de cenários de futuros” (KRUCKEN, 2008, p. 23).

Ao levantar o contexto local no qual o produto está inserido, a partir de critérios de análise definidos, é possível elaborar alternativas conceituais coerentes e delimitar os requisitos de projeto – pontos fundamentais para a solução projetual. As estratégias de design devem considerar três aspectos importantes: funcionalidade, estética e emotividade, de acordo com MONTENEGRO (2014). Estes três pilares se conectam para entregar valor ao usuário. Estes apontamentos têm forte influência no ciclo de vida dos abrigos de ônibus. Quando se otimiza a fase de utilização do produto, conseqüentemente a durabilidade do mesmo é afetada de forma positiva, acarretando num menor impacto ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estrutura metálica é considerada a melhor opção para a construção dos abrigos de ônibus em Belo Horizonte, devido ao potencial de reciclagem do aço, a estrutura pré-fabricada, o transporte e montagem serem realizados localmente, sua modularidade, o que possibilita diferentes configurações, e sua durabilidade ser alta, devido à resistência do material. No entanto, o aço ainda apresenta algumas limitações para o projeto do abrigo de ônibus que foi desenvolvido.

Outro tópico muito importante e que merece bastante atenção por parte dos desenvolvedores do projeto, é a pouca exploração da relação usuário-produto, induzindo assim, questionamentos sobre como o design pode atuar melhorando a concepção dos abrigos de ônibus, para atender as especificidades de um público diversificado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem

REFERÊNCIAS

- APLICATIVO BH TRANS. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Disponível em: <<http://bhtrans.pbh.gov.br/portal/page/portal/portalpublico/Temas/Noticias/Aplicativo%20SIU%20MOBILE%20BH%20disponibiliza%20nova%20funcionalidade%20p>> Acesso em: 21 nov. 2017.
- COELHO, M. B. O; BRANDÃO M. S. Avaliação do Ciclo de Vida de Estruturas Metálicas. In: **Proceedings of INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION**, São Paulo: UNIP, 2013. Disponível em: <http://www.advancesincleanerproduction.net/fourth/files/sessoes/5b/4/coelho_and_brandao_work.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2017.
- FORMIGONI, A.; LIUBARTAS, D.; SILVA, E. A. S.; SANTOS, E. A.; SILVA, J. E. S. A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas. **INOVAE - Journal of Engineering and Technology Innovation**, São Paulo, 3(1)92-110, jan./abr., 2015.
- FRAZÃO, R.; PENEDA, C.; FERNANDES, R. **Adoptar uma perspectiva de ciclo de vida – Caderno do INETI nº 10** - 1ª Edição. Lisboa: INETI - CENDES, 2003.
- GENTIL, V. **Corrosão**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 2007.
- IISI - International Iron and Steel Institute. **World Steel Life Cycle Inventory – Methodology Report 1999/2000**, Committee on Environmental Affairs. New York: IISI, 2002.
- MONTENEGRO, G. N. Sustentabilidade e design de mobiliário urbano no espaço público: é possível? **Actas de Diseño**, Universidad de Palermo, Buenos Aires, v. 23, 129-135, 2017.
- MONTENEGRO, G. N. **Uma cidade para pessoas: funcionalidade, racionalidade e emotividade nas relações mobiliário urbano, espaço público e cidadãos**. 2014. 329 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Arquitetura. Natal – RN, 2014.

SPOT, M. **The application of structural steel to single-family residential construction**, Surrey: Node Engineering Corp, 2002.

Urbana Midia. **Urbana Abrigo de ônibus** <<http://www.urbanamidia.com.br>> Acesso em: 25 out. 2016.

Van Hemel, C.G. **Ecodesign empirically explored; design for environment in Dutch small and medium-sized enterprises**. PhD Thesis, Technical University Delft, 1998.