



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - ICIAG

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

**INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM
OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE
UBERLÂNDIA**

Mariana Do Prado Oliveira

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2017

Mariana Do Prado Oliveira

**INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM
OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE
UBERLÂNDIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências da graduação em Engenharia Ambiental, para obtenção do bacharelado de Engenheiro Ambiental.

Orientadora:

Prof^ª. Dr^ª. Bruna Fernanda Faria Oliveira

UBERLÂNDIA

MINAS GERAIS – BRASIL

2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me concedeu a energia necessária para seguir meu caminho.

Agradeço aos meus pais, que sempre me incentivaram, pelo apoio incondicional e pelos momentos de sabedoria.

Agradeço ao meu irmão pelo apoio e os conselhos.

Agradeço aos meus amigos pelos momentos de descontração.

Por fim, agradeço aos meus professores, em especial para a minha orientadora Prof^a. Bruna, que souberam passar seus conhecimentos.

RESUMO

A indústria de construção civil é um dos setores da economia que mais consome recursos naturais e impacta o meio ambiente. Porém, o surgimento de um novo padrão de exigência ambiental pela sociedade tem motivado as empresas desse setor a mudarem sua forma de agir frente às questões ambientais. Exemplo disso é a busca pela certificação ambiental de obras. Dessa forma, com o intuito de identificar os benefícios ambientais de obras que almejam o processo de certificação o presente estudo empregou indicadores de desempenho ambiental obtidos na literatura em duas obras de construção civil no município de Uberlândia – MG para identificar a produção de resíduos e o consumo de água e energia. Os resultados mostraram que houve redução no consumo de energia e na produção de resíduos para a obra que almeja certificação, porém o consumo de água se mostrou superior para a obra que almeja certificação. Dessa forma, pode-se concluir que o processo de certificação provoca melhorias nas questões ambientais, porém mesmo as obras sem processo de certificação podem também contribuir para a minimização dos impactos no setor.

PALAVRAS-CHAVE: Certificação Ambiental, Construção Sustentável e Indicadores de Desempenho Ambiental.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVO GERAL	7
2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. REFERENCIAL TEÓRICO	8
3.1. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	8
3.2. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	9
3.3. CONSUMO DE ÁGUA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	11
3.4. CONSUMO DE ENERGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	12
3.5. CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS	14
3.6. CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE	15
3.7. INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM OBRAS	18
4. METODOLOGIA	20
4.1. OBJETO DE ESTUDO	20
4.2. INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM OBRAS	21
4.2.1. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS	22
4.2.2. CONSUMO DE ÁGUA	23
4.2.3. CONSUMO DE ENERGIA	24
4.3. APLICAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM OBRAS	24
4.4. COMPARAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM OBRAS	26
5. RESULTADO E DISCUSSÃO	27
5.1. ANÁLISE DOS INDICADORES DE PRODUÇÃO DE RESÍDUOS	27
5.2. ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA	35
5.3. ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONSUMO DE ENERGIA	40
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

Devido ao elevado consumo de recursos naturais, a indústria da construção civil é considerada uma das atividades menos sustentáveis do planeta (EDWARDS, 2008). Porém, em paralelo a esta realidade a atividade acompanhou o homem e suas civilizações ao longo do tempo, se tornando um dos setores mais significativos para a economia, gerando um alto volume de emprego e influenciando o PIB, afetando de forma positiva outras áreas da economia (PINHEIRO, 2006). Em nível mundial, a construção civil contribui com uma média de 10% do PIB (Produto Interno Bruto) e com mais de metade do investimento de capital em todos os países. No Brasil, o PIB da Construção Civil foi de cerca de R\$165 bilhões, o que correspondeu a 5,3% do PIB total do país (CBIC, 2012). Esse setor da economia é estimado como o maior empregador a nível global (SILVA et al, 2016).

Esse cenário da indústria de construção civil dificultou sua reformulação em relação aos seus impactos, sendo responsável em até 50% da produção de resíduos na área urbana e podendo ter 40% do consumo de energia de um município, sendo ela elétrica e de combustível (SILVA et al, 2016). O problema relacionado aos resíduos está principalmente ligado à sua destinação, sendo ela correta ou incorreta, vem gerando danos ao meio ambiente, pois são depositados em aterros, tendo sua vida útil diminuída ou em locais onde a prática não é permitida (PEREIRA, 2004).

Além dos impactos ocasionados pelos resíduos gerados nas obras, o processo construtivo contribui de forma expressiva com os impactos ambientais, sendo pelas intervenções no local da construção, alteração e remoção de solo, aumento no tráfego da área, que ocasiona ruídos e emissões de partículas de poeiras, consumo de matéria prima, energia e água.

Na construção civil, é necessário que todas as fases do ciclo de uma construção sejam produzidas com um mínimo de impacto ambiental, e de acordo com Thomark (2001) o foco tem sido especialmente na minimização da energia para a operação e otimização da utilização de materiais de construção. Nessa perspectiva, é importante ressaltar que o conceito de construção sustentável é mutável e varia de acordo com as prioridades de cada país, sendo alterado pelas especificações do clima, tradições construtivas e características dos agentes envolvidos (DEGANI, 2010).

Países como Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão, China (Hong Kong) e alguns europeus são pioneiros em iniciativas para redução de impactos ambientais no âmbito da construção civil, utilizando métodos de certificação de edifícios, com base em critérios e indicadores de desempenho ambiental. Esses sistemas têm como intenção que o próprio mercado impulse a elevação do padrão ambiental, seja em relação a se comprometer ambientalmente ou por questão de competitividade e diferenciação no mercado (ZIMMERMANN et al., 2002).

No Brasil, os agentes do setor da construção civil também vêm se interessando pela certificação ambiental de edificações. O primeiro sistema brasileiro de certificação ambiental de edifícios para o setor foi criado em 2007, o sistema Alta Qualidade Ambiental (AQUA), da fundação Vanzolini (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2008).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo analisar, por meio de indicadores de desempenho ambiental, o impacto que uma certificação ambiental provoca no processo construtivo de uma obra civil. Para isso os indicadores foram aplicados em duas obras distintas: uma que almeja a certificação AQUA-HQE e outra que não almeja certificação ambiental, a fim de verificar a diferença no consumo de água e energia e na produção e gestão dos resíduos sólidos no canteiro de obras.

2. OBJETIVO GERAL

Realizar uma análise comparativa por meio de indicadores de desempenho ambiental na fase de execução de projeto em uma obra de construção civil que almeja a certificação AQUA-HQE e outra obra que não almeja a certificação ambiental.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar os indicadores de desempenho ambiental em uma obra que almeja uma certificação ambiental;
- Aplicar os indicadores de desempenho ambiental em uma obra que não almeja a certificação ambiental;
- Comparação da aplicação dos indicadores;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção civil é uma indústria que gera uma série de impactos ambientais em todas as diferentes etapas do seu processo (KLEIN, 2002). Esse setor da economia ainda vem enfrentando obstáculos por parte das construtoras no Brasil em aderir aos métodos que melhoram esses reflexos que causam no ambiente, tais como a ausência de disponibilidade de tempo e o difícil cálculo do retorno financeiro por parte das empresas, principalmente no que se refere à gestão dos recursos naturais e ao destino correto dos resíduos que a indústria produz (DEGANI, 2003).

Das etapas necessárias para construção de um empreendimento, a execução da obra por meio do canteiro de obras é o ambiente onde é realizada a principal atividade do setor, além de ser o momento e local de maior interação entre a maioria dos elementos da cadeia produtiva (SOUZA, 2000), respondendo por uma parcela significativa dos impactos, principalmente os consequentes à geração de resíduos e consumo de recursos (CARDOSO, 2006).

O canteiro de obras é uma fase mutável conforme o avanço da obra, uma vez que no decorrer das atividades implantadas, o canteiro de obras assume formas e características específicas (OLIVEIRA et al, 2006). Esta etapa é um local de transformação, onde pessoas e instalações (agentes transformadores) processam a água, energia, matéria-prima, meio ambiente (agentes a serem transformados) em bens ou serviços (produto), bem como impactos ambientais e sociais (GEHLEN, 2009). É importante que na construção civil a sustentabilidade esteja presente em todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento, seja na sua concepção, projeto, construção e manutenção até sua demolição (ARAÚJO, 2009); porém o canteiro de obras vem sendo negligenciado, e é nele que há influência na geração de perdas, podendo, a obra quando bem planejadas e executadas, conduzir uma maior economia e redução dos impactos ambientais (OLIVEIRA et al., 2012).

De acordo com Dias (2006) as empresas de construção civil do Brasil têm de buscar maiores níveis de qualidade e eficiência nos processos, principalmente por meio de racionalização da produção. Para que ocorra o processo de construção sustentável é recomendada a implementação de processos construtivos rigorosos e detalhados, seleção e utilização de materiais ecológicos e também avaliações e monitoramentos

contínuos (FARIA, 2010). Bem como a adequação à legislação vigente através do desenvolvimento de métodos de produção limpa, consolidando como o caminho mais seguro para se obter um melhor padrão de desenvolvimento (FLORIM, 2005).

Um empreendimento com um bom desempenho ambiental, de acordo com *United States Green Building Council*, (Conselho de Construção Verde dos Estados Unidos) tem como características minimizar, e até mesmo eliminar, os impactos negativos no meio ambiente e em seus usuários. Este conselho avalia o desempenho ambiental de edificações sob cinco enfoques: planejamento sustentável da área construída, economia de água e eficiência em sua utilização, eficiência energética e emprego de energia renovável, conservação de materiais e fontes de recursos e qualidade do ambiente interior (UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL, 2002).

Simplificando, pode-se dizer que alguns dos princípios básicos a serem implementados para que uma construção seja sustentável consiste em reduzir e otimizar o consumo de matérias e energia, reduzir a geração de resíduos, reduzir o consumo de água, aproveitar as condições naturais do local e melhoria da qualidade do ambiente construído (SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E MOBILIÁRIO DO RIO GRANDE DO SUL, 2016). Para que ocorra, é necessário que o projetista inclua métodos construtivos que promovam um menor consumo de água e energia, visando um menor desperdício, para que não ocasione uma grande geração de resíduos (DEGANI, 2002).

3.2. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos gerados na construção civil, mais precisamente no canteiro de obras, é um fator muito importante para o meio ambiente, uma vez que representam grandes volumes, na ordem de 50% da massa total dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas, além dos impactos que causam quando destinados de forma inadequada (CARDOSO, 2006). Dessa forma, é imprescindível enfatizar a importância de sua destinação, para que os materiais utilizados, ao alcançar o fim de seu ciclo de vida, sejam absorvidos de forma mais rápida e sem liberação de substâncias perigosa para a natureza (MARQUES et. al, 2007).

Além da disposição correta desses resíduos, é necessária a busca de outros métodos para evitar que o mesmo seja destinado para aterros, devido ficar cada vez mais restritas as áreas disponíveis para a disposição de RCC (Resíduos de Construção Civil). É indispensável para a busca do desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva da

indústria da construção civil que todos os envolvidos busquem, em conjunto, as soluções ambientalmente viáveis e responsáveis, por meio de redução, reaproveitamento e reciclagem dos resíduos, buscando a minimização dos impactos causados (EVANGELISTA et. al, 2009). A reciclagem e o beneficiamento, são apontados em diversos estudos (CARNEIRO et al., 2001; JOHN, 2000; LEITE, 2001), e citados como uma alternativa para a redução da quantidade de resíduos dispostos nos aterros, além de ser uma proposta sustentável para a destinação dos resíduos de construção civil (EVANGELISTA et. al., 2009).

No Brasil a Resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. A resolução define resíduos de construção civil como aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições, e os resultados da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha. A resolução também define a classificação dos resíduos (Quadro 1) e aponta que é preferível a reutilização dos resíduos na própria obra, seguida da reciclagem, beneficiamento e por ultimo, quando esgotar todas as possibilidades a disposição final em local adequado.

Quadro 1 - Classificação dos resíduos de construção civil conforme CONAMA 307/02.

Classe	Definição
A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: - de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; - de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; - de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meio-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
B	São resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso;
C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permite a sua reciclagem ou recuperação;
D	São resíduos perigosos oriundos dos processos de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: Conama 307/02.

É importante ressaltar que a composição dos resíduos oriundos da construção civil, provenientes dos canteiros de obras é diferente para cada localidade devido ao alcance e disponibilidade das tecnologias disponíveis para construção (PINTO, 1999; JOHN, 2000; ÂNGULO, 2000) e que o controle de resíduos é só um dos fatores a ser levados em consideração para a sustentabilidade do setor de construção civil, juntamente com o consumo de água e energia.

3.3. CONSUMO DE ÁGUA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Em relação ao consumo de água, a indústria da construção civil tem um grande potencial consumidor, devido aos materiais e processos necessários para o andamento da obra, como a produção de concreto, supressão de poeira e corte, tendo indiretamente a água incorporada em todos os produtos usados na construção, elevando o consumo de água principalmente no canteiro de obra (WATERWISE, 2017). As funções descritas tornam a água um dos componentes mais importantes na execução da obra, uma vez que é necessária para concretos e argamassas (fundamentais para a construção civil), e uma ferramenta determinante para a limpeza das áreas (SILVA et. al, 2013).

O Sindicato da Indústria da Construção e Mobiliário do Rio Grande do Sul afirma que em um canteiro de obras é necessário que haja o acompanhamento do consumo de água, já que assim é possível identificar falhas no sistema, oriundos de vazamentos, além de verificar os padrões de consumo dos diversos processos, o que auxilia a busca por soluções sustentáveis para a aplicação durante a construção dos empreendimentos (SINDICATO, 2016).

É importante destacar que obras com problemas de organização e limpeza dos canteiros de obras apresentam menor consumo de água, pois não efetua as limpezas adequadas e consequentemente não utiliza os recursos hídricos, não sendo necessariamente um aspecto positivo e de sustentabilidade (MARQUES et. al, 2017).

Para que ocorra a diminuição dos impactos proveniente do elevado consumo de água, devem ser elaboradas estratégias que resultam na economia de água (GANGOLELLS et. al, 2009):. E o objetivo relacionado ao consumo de água, e também o desafio, é reduzir esse consumo e o impacto do seu uso no ciclo da água (NOVIS, 2014). Dentre as estratégias a serem adotadas estão (GANGOLELLS et. al, 2009):

- Eficiência no consumo – consiste em favorecer a economia de água, através da melhora da eficiência de aparelhos e instalações e redução do consumo no canteiro de obras.
- Captação de recursos – Trata-se de aproveitar as águas que circulam pelo próprio canteiro de obras, considerando-as como recursos para as suas necessidades, em função das exigências reais de qualidade de cada uso.
- Melhora da qualidade da água ao devolvê-la ao meio.

Algumas das estratégias adotadas podem ser ampliadas também para o consumo mais eficiente de energia.

3.4. CONSUMO DE ENERGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A energia interna no Brasil corresponde a 43,5% de energia renováveis e 56,5% de energia não renováveis (Balanço Energético Nacional, 2017), Quadro 2 apresenta a divisão das fontes de energia. Sendo o Brasil um dos países que possui uma matriz energética mais baseada em recursos renováveis (LAMBERTS et. al, 2007).

Quadro 2 - Divisão das fontes de energia do Brasil.

Energia Renováveis (44,2%)	Queima de Biomassa de Cana (17,5%); Energia Hidráulica e Eletricidade (12,6%); Queima da Lenha e do Carvão (8,0%); Queima da Lixívia e outros produtos renováveis (5,4%).
Energia Não Renováveis (55,8%)	Queima de Petróleo e Derivados (36,5%); Gás Natural (12,3%); Carvão Mineral (5,5%); Fissão do Urano Enriquecido (1,5%). Outras não renováveis (0,7%).

Fonte: Balanço Energético Nacional 2017.

Porém o Ranking do Crescimento do Consumo Energético demonstra uma problemática para o setor, uma vez que o consumo de energia elétrica no Brasil possui um crescimento de 7,7%, mas a oferta interna de energia elétrica cresce 7,0% (BEN, 2017). Dessa forma é importante diminuir o consumo de energia utilizada pelos setores da economia brasileira, principalmente a indústria da construção civil, que deve trabalhar para diminuir o uso de todos os tipos de energia utilizados na implantação e na operação da infraestrutura do canteiro de obras, processos de produção e também nos transportes internos e externos ao canteiro de obras (ARAÚJO, 2009).

O setor da construção civil tem um potencial elevado para a redução do seu consumo de energia, devido a usa-la de forma pouco eficiente. Em paralelo a esse cenário, as pesquisas relacionadas à energia para esse setor são principalmente referentes aos impactos causados pelo ciclo de vida das matérias-primas e serviços, e na fase de operação e uso de edificações (CARDOSO et. al, 2006; SHARRARD et. al, 2007; CRAWFORD et. al, 2005) , excluindo estudos mais completos na fase de execução das obras.

Para que haja redução do consumo de energia pela construção civil, é necessário a criação de estratégias de controle de energia nos canteiros de obras, incluindo a pratica de selecionar equipamentos que contenham alta eficiência, incentivar hábitos de condução que reduzem a quantidade de combustível usado, realizar manutenções em equipamentos e veículos (GANGOLELLS et. al, 2009) e investir em fontes alternativas enquanto mantém a qualidade dos serviços instalados (DEGANI, 2003), porém não deve decair a atenção em relação aos hábitos de consumo. Vale salientar também a necessidade de manter as máquinas e veículos ligados somente quando necessário (ARAÚJO, 2009). Todavia, deve-se estar ciente de que estas práticas para a redução do consumo só poderão apresentar resultados positivos caso exista engajamento na

conscientização no canteiro de obras. Um mecanismo que auxiliam no engajamento das construtoras são as certificações.

3.5. CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

Um método para que as construções se tornem sustentáveis são os sistemas de avaliação ambiental, esses sistemas podem ser divididos em duas categorias. De um lado, estão os esquemas de avaliação orientados para pesquisas, como o *Building Environmental Performace Assessment Criteria* – BEPAC (COLE et. al., 1993) que é dada ênfase no desenvolvimento de uma metodologia abrangente e com fundamentação científica que possa orientar o desenvolvimento de novos sistemas. De outro lado, temos aqueles que são destinados ao mercado, ou seja, desenvolvidos para ser absorvidos por projetistas com maior facilidade ou para receber e divulgar o reconhecimento pelos esforços destinados à qualidade ambiental de projetos, execução e gerenciamento operacional. Estes esquemas contêm estruturas mais simples e estão vinculados a algum tipo de certificação por desempenho. Este é o caso do BREEAM, LEEDTM, GBC e HQETM (BALDWIN et. al, 1990; BALDWIN et. al, 1998), do HK-BEAM (CENTER OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY, 1999), do LEEDTM (U. S. GREEN BUILDING COUNCIL, 2000) e do CSTB ESCALE (NIBEL et. al, 2000).

O BREEAM, *Building Establishment Environmental Assessment Method* (Método de Avaliação Ambiental do Estabelecimento), foi o primeiro e mais conhecido sistema de desempenho ambiental (BALDWIN et. al, 1998), foi desenvolvido no Reino Unido numa parceria dos pesquisadores do BRE, que é um centro de ciência de construção multidisciplinar, com o setor privado. Este sistema atribui uma certificação de desempenho direcionada ao marketing de edifícios e, indiretamente, de projetistas e empreendedores. Funciona por meio de um *checklist*, onde se verifica o atendimento de itens mínimos de desempenho, projeto e operação dos edifícios e atribuem os créditos ambientais.

A certificação LEEDTM, *Leadership in Energy and Environmental Design*, originado nos EUA, tem como meta facilitar a transferência de conceitos de construção ambientalmente responsável para profissionais e para indústria de construção, e proporcionar reconhecimento junto ao mercado pelos esforços despendidos para essa finalidade. Nesta certificação, o critério mínimo de nivelamento exigido para avaliação de um edifício é o cumprimento de uma série de pré-requisitos. Quando cumpridos

esses pré-requisitos, é direcionado à etapa de classificação do desempenho, em que a atribuição de créditos indica o grau de conformidade do atendimento aos itens avaliados (U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, 1996).

O *Green Building Challenge*, GBC, é um consorcio internacional reunido com o objetivo de desenvolver um novo método para avaliar o desempenho ambiental de edifícios, com um protocolo de avaliação com uma base comum, porém capaz de respeitar as diversidades técnicas e regionais (COLE et. al, 2000).

Na França, existe a certificação HQETM, que é atribuída à construção e gestão de edifícios, bem como projetos de planejamento urbano. Essa certificação promove melhores práticas de gestão, qualidade sustentável em projetos de construção e oferece orientação especializada ao longo do projeto. A HQE é gerida por um grupo de *stakeholders*¹ dentro de uma organização pública chamada *HQE Association* (HQE Certification, 2017)

Em 2013, foi criada a Rede Internacional de certificação HQETM, oriunda da unificação da certificação residencial – QUALITEL e não residencial – CERTIVEA, onde se juntou os critérios e indicadores para todo o mundo, criando uma identidade de marca única e global, cujo órgão certificador passou a ser a CERWAY, organização de certificação responsável pela HQETM fora da França, se fundamentando nas premissas da certificação HQE francesa (CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE - FUNDAÇÃO CARLOS VANZOLINI, 2016).

No Brasil há a certificação AQUA, Alta Qualidade Ambiental, criada pela Fundação Vanzolini em 2007, uma instituição privada, sem fins lucrativos, criada, mantida e gerida pelos professores do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Com a criação da Rede Internacional de Certificação HQETM o sistema AQUA passou a utilizar o Referencial Técnico de Certificação do sistema francês HQETM (CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE - FUNDAÇÃO CARLOS VANZOLINI, 2016).

3.6. CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE

O primeiro sistema brasileiro de certificação ambiental de edifícios para o setor foi criado em 2007, o sistema Alta Qualidade Ambiental (AQUA), da Fundação Vanzolini,

¹ Grupo de pessoas interessadas em algum negócio ou empresa, podendo ou não ter realizado algum investimento.

através do Referencial Técnico de Certificação: edifícios do setor de serviços (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2008).

Com a unificação, todos os referenciais de certificação, realizado em 2013 pela Rede Internacional de Certificação HQETM, têm um alinhamento de parâmetros para permitir a comparação dos valores avaliados, porém os níveis de exigência respeitam sempre as especificidades e diferenças de cada país (CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE - FUNDAÇÃO CARLOS VANZOLINI, 2016).

A Fundação Vanzolini passou a ser a representante no Brasil da rede de certificação HQETM e o Processo AQUA transforma-se em AQUA-HQE, uma certificação com identidade e reconhecimento internacional, depois que realizou um acordo de cooperação com o CERWAY (CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE - FUNDAÇÃO CARLOS VANZOLINI, 2016).

O referencial técnico de certificação da Fundação Vanzolini de 2016, estrutura-se em dois instrumentos, que permite avaliar os desempenhos alcançados com relação aos dois elementos que estruturam esta certificação, os referenciais SGE (Sistema de Gestão do Empreendimento) e QAE (Qualidade Ambiental do Edifício), que permitem avaliar o sistema de gestão ambiental implementado pelo empreendedor e para avaliar o desempenho arquitetônico e técnico da construção, respectivamente (CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE - FUNDAÇÃO CARLOS VANZOLINI, 2016).

O SGE (Sistema de Gestão do Empreendimento) define a Qualidade Ambiental que se pretende implementar para o edifício e organizar o empreendimento para alcançá-la, ao mesmo tempo que facilita o controle dos conjuntos dos processos operacionais relacionados às fases de programa, concepção e realização da construção.

A QAE (Qualidade Ambiental do Edifício) é estruturada em quatro famílias (Quadro 3) que reúne 14 categorias, conjunto de preocupações. Estas categorias são divididas em subcategorias, que representam as principais preocupações associadas a cada desafio ambiental, e depois preocupações elementares.

Quadro 3 - Categorias que estruturam o sistema AQUA.

Eco-construção	
Categoria nº1	Relação do edifício com o seu entorno
Categoria nº2	Escolha integrada de produtos, sistemas, processos construtivos
Categoria nº3	Canteiro de obras com baixo impacto
Gestão	
Categoria nº4	Gestão de energia
Categoria nº5	Gestão de água
Categoria nº6	Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício
Categoria nº7	Manutenção – Permanência do desempenho ambiental
Conforto	
Categoria nº8	Conforto higrotérmico
Categoria nº9	Conforto acústico
Categoria nº10	Conforto visual
Categoria nº11	Conforto olfativo
Saúde	
Categoria nº12	Qualidade sanitária dos ambientes
Categoria nº13	Qualidade sanitária do ar
Categoria nº14	Qualidade da água

Fonte: REFERENCIAL TÉCNICO - FUNDAÇÃO CARLOS ALBERTO VANZOLINI, 2016.

As categorias de QAE se expressam segundo três níveis de seus desempenhos:

- Base – nível correspondendo ao desempenho mínimo aceitável para um empreendimento de Alta Qualidade Ambiental;
- Boas Práticas – nível superior ao da Base;
- Melhores Práticas – nível calibrado em função dos desempenhos máximos constatados em empreendimento de Alta Qualidade Ambiental, mas garantindo que se possa atingir.

Para um empreendimento ser certificado pelo AQUA-HQE, o empreendedor deve alcançar no mínimo um perfil de desempenho com 3 categorias no nível Melhores Práticas, 4 categorias no nível Boas Práticas e 7 categorias no nível Base (CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE - FUNDAÇÃO CARLOS VANZOLINI, 2016).

Um mecanismo facilitador, para as construções civis visualizarem se estão cumprido os requisitos necessários, são os indicadores de desempenho, que podem ser constituídos para cada necessidade em questão, possibilitando o estabelecimento de desafios e metas, além de permitir modificações da gestão ao longo do tempo, de modo que atendam as exigências (COSTA, 2003).

3.7. INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM OBRAS

Indicadores são sistemas de medição de desempenho ou produtividade (COSTA et. al, 2006), e vem sendo um mecanismo importante na medição de sustentabilidades de obras e seus canteiros. Sendo voltados para a produção de resíduos sólidos (Quadro 4), consumo de água (Quadro 5) e energia (Quadro 6) é possível analisar o sistema de gestão que é empregado (REFERENCIAL TÉCNICO - FUNDAÇÃO CARLOS VANZOLINI, 2016).

Quadro 4 - Indicadores de Produção de Resíduos.

INDICADOR	DESCRIÇÃO
Indicador ao Longo da Obra	Tem finalidade de medir o quanto o funcionário produz de resíduo no decorrer da construção.
Indicador ao Final da Obra	Determina o quanto de resíduo é produzido por metro quadrado de construção.
Indicador de Redução da Produção de RCC	Auxilia na percepção dos resultados das práticas preventivas voltadas para a redução da quantidade de resíduo produzido em uma obra.
Indicador de Destinação	Viabiliza uma comparação entre os destinos dos resíduos produzidos e determina quais obras cumprem da melhor forma a hierarquia das operações de gestão de obras e qual é mais sustentável nesse quesito. Dessa forma o indicador aponta a obra que se adequou melhor na gestão de resíduos e qual prezou na valoração dos mesmos.
Indicador de Composição	Determina a quantidade produzida de cada tipo de resíduo, permitindo a comparação entre os tipos de resíduos produzidos e um controle de resíduos perigosos.

Fonte: NOVIS 2014 e ROCHA 2012.

Quadro 5 - Indicadores de Consumo de Água.

INDICADOR	DESCRIÇÃO
Indicador ao Longo da Obra	Tem finalidade de medir o quanto o funcionário consome de água no decorrer da construção.
Indicador ao Final da Obra	Determina o quanto de água é consumido por metro quadrado de construção.

Fonte: NOVIS 2014.

Quadro 6 - Indicadores de Consumo de Energia.

INDICADOR	DESCRIÇÃO
Indicador ao Longo da Obra	Tem finalidade de medir o quanto o funcionário consome de energia no decorrer da construção.
Indicador ao Final da Obra	Determina o quanto de energia é consumido por metro quadrado de construção.

Fonte: NOVIS 2014.

4. METODOLOGIA

O presente trabalho focou na família Eco Construção - Categoria nº 3 da certificação AQUA-HQE (Canteiros de Obras de Baixo Impacto) que se desmembra em Produção de Resíduos, Consumo de Água e Consumo de Energia.

4.1. OBJETO DE ESTUDO

Foram escolhidas como local de estudo 2 obras de construção civil no município de Uberlândia - MG de uma mesma construtora em fases similares, porém com métodos construtivos diferentes, sendo que uma das obras almeja obter a certificação AQUA-HQE, enquanto a outra não possui tal interesse.

Para fins de confidencialidade as obras foram chamadas de “M”, a que almeja a certificação, e “N” a obra que não almeja a certificação AQUA-HQE. A obra M foi construída com estruturas metálicas, visando um melhor desempenho ambiental. A obra N foi realizada pelo sistema convencional de concreto armado. Na Tabela 1 são apresentadas as informações necessárias para os cálculos dos indicadores nas obras:

Tabela 1: Informações das obras, Uberlândia - MG.

Obra	M ² de construção	Média de funcionários
M	8.073,25	112,40
N	4.023,31	39,41

Fonte: Construtora anônima, Uberlândia – MG, 2016.

Das duas obras destacadas nesse trabalho somente a M, que almeja a certificação ambiental, possui o Plano² de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). O motivo é que a lei municipal que dispõe sobre a Gestão Sustentável Eletrônica de Resíduos de Construção Civil e Volumosos no Município de Uberlândia foi alterada e determinou que as construções a partir do dia 1º de Outubro de 2015 deveriam solicitar a geração eletrônica do PGRCC. As outras obras tiveram início no começo do ano de 2015 (UBERLÂNDIA, 2015). Ambas as obras se iniciaram em 2016, porém a obra M contém PGRCC porque deu entrada na documentação na prefeitura de Uberlândia após a vigência da lei e a obra N deu entrada antes da data da legislação, dessa forma não contendo o PGRCC.

No Quadro 7 são apresentados os materiais previstos para utilização na obra M em suas respectivas etapas e a estimativa de geração de resíduos (Tabela 2).

²No Decreto Municipal Nº16.063 descreve como um plano, porém o documento entregue a Prefeitura Municipal de Uberlândia por parte da construtora está descrito como Projeto.

Quadro 7 - Materiais e componentes utilizados nas etapas da obra M.

Etapas da Obra	Materiais Utilizados
Montagem de canteiro	Blocos cerâmico, concreto (areia e brita) e madeiras.
Fundações	Solos e rochas/ concreto.
Superestrutura	Concreto (areia e brita), madeiras, ferro e fôrmas plásticas.
Alvenaria	Blocos cerâmicos, blocos de concreto, argamassa, papel e plástico.
Instalações hidrossanitárias	Blocos cerâmicos e PCV.
Instalações elétricas	Blocos cerâmicos, conduítes, mangueira e fio de cobre.
Reboco interno/ externo	Argamassa.
Revestimentos	Pisos e azulejos cerâmicos, piso laminado de madeira, papel, papelão e plástico.
Forro de gesso	Placas de gesso acartonado.
Pinturas	Tintas seladoras, vernizes, texturas, latas e caixas de papelão.
Cobertura	Madeiras e telhas de fibrocimento.

Fonte: PGRCC da obra M entregue virtualmente a Prefeitura Municipal de Uberlândia – MG, 2016.

Tabela 2 - Estimativo de geração de resíduo da obra M.

Classe	Quantidade em M³
A	1527
B	212
Resíduos Misturados/ Rejeito	212

Fonte: PGRCC da obra M entregue virtualmente a Prefeitura Municipal de Uberlândia – MG, 2016.

Neste mesmo documento a construtora firmou o compromisso de minimização da geração através da compatibilização do projeto durante as variadas fases da obra e levantamentos quantitativos e orçamentos rigorosos para evitar as perdas de materiais, além de absorção do resíduo gerado na própria obra ou em outras que estariam sendo realizadas.

De acordo com o PGRCC da obra M, o acondicionamento inicial dos resíduos foi realizado nos locais de geração até atingir volumes que justificassem o transporte interno para o depósito final da obra, de onde eram recolhidos por caçambas, levados para triagem e posteriormente para a destinação adequada. Para o acondicionamento inicial foi utilizado bombonas revestidas internamente de sacos rafia, separados por classe dos resíduos e com etiquetas de identificação. **INDICADORES DE**

DESEMPENHO AMBIENTAL EM OBRAS

A primeira etapa constituiu no levantamento bibliográfico sobre os indicadores utilizados para avaliação de obras de construção civil. Foram considerados indicadores que se assemelhassem do critério de avaliação da certificação AQUA-HQE, ou seja, relacionados ao consumo de água, energia e produção de resíduos sólidos.

4.2.1. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS

O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) utiliza dois métodos para quantificar a produção e analisar as técnicas de prevenção dos RCC, sendo elas (NOVIS, 2014), além desses dois indicadores há mais três que auxiliam no estudo (ROCHA, 2012):

- **Método ao longo da obra**

Indicador calculado pelo volume total de resíduos descartados (excluindo solo) por trabalhador por mês demonstrado pela Formula 1, medido mensalmente.

$$\frac{\text{Quantidade total de RCC produzido em m}^3}{\text{N}^\circ \text{ de trabalhador}} \quad (1)$$

- **Método ao final da obra**

Indicador calculado pelo volume total de resíduos descartados (excluindo solo) por m² de área construída (Formula 2), medido de modo acumulado ao final da obra.

$$\frac{(\text{Quantidade de RCC produzido em m}^3)}{\text{m}^2 \text{ de área construída}} \quad (2)$$

- **Redução da Produção de RCC**

O indicador é calculado por meio da diferença de produção de resíduo.m⁻² entre uma obra que não contém práticas preventivas e outra obra que investe nessas práticas, demonstrado na Formula 3, expresso em toneladas (ROCHA, 2012), porém nesse trabalho será expresso em m³ (medida quantificada nas obras).

$$\frac{\text{Prod.com medidas preventivas}}{\text{m}^2 \text{ de área construída}} - \frac{\text{Prod.sem medidas preventivas}}{\text{m}^2 \text{ de área construída}} \quad (3)$$

A determinação do valor a ser introduzido na formula, é a geração total de resíduo da obra excluindo a quantidade reutilizada do mesmo no decorrer da obra (ROCHA, 2012).

- **Destinação dos RCC**

O indicador de destinação é dividido em três categorias, expresso em porcentagem (%) e a quantidade de resíduos em toneladas, porém neste trabalho será expresso em m³ (forma como foi quantificada nas obras), sendo eles subindicadores de reutilização (Formula 4), de valorização³ (Formula 5) e de eliminação (Formula 6) dos resíduos de construção civil (ROCHA, 2012).

³ Ato de conceder valor ao resíduo, por meio de reciclagem ou outro método de reaproveitamento.

$$\frac{\text{Quant.de Res.reutilizados}}{\text{Quant. total de RCC}} \times 100 \quad (4)$$

$$\frac{\text{Quant.de Res.valorizados}}{\text{Quant.total de RCC}} \times 100 \quad (5)$$

$$\frac{\text{Quant.de Res.eliminados}}{\text{Quant.total de RCC}} \times 100 \quad (6)$$

- **Composição dos RCC**

O indicador constitui em três subindicadores para este indicador, sendo os inertes (Formula 7), perigosos (Formula 8) e não perigosos (Formula 9), todos expressos em porcentagem (%) e a quantidade de resíduos sendo expressa em m³ (ROCHA, 2012) (NBR 10004).

$$\frac{\text{Quant.de Res.Inertes}}{\text{Quant.total de RCC}} \times 100 \quad (7)$$

$$\frac{\text{Quant.de Res.perigosos}}{\text{Quant.total de RCC}} \times 100 \quad (8)^*$$

$$\frac{\text{Quant.de Res.não perigosos}}{\text{Quant.total de RCC}} \times 100 \quad (9)$$

4.2.2. CONSUMO DE ÁGUA

O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) utiliza dois métodos para quantificar o consumo de água em obras (NOVIS, 2014):

- **Ao longo da obra**

Este indicador (Formula 10) aponta o consumo de água potável no canteiro de obras por trabalhador por mês, medido mensalmente.

$$\frac{\text{Consumo de água em m}^3}{\text{N}^\circ \text{ de tranalhador}} \quad (10)$$

- **Ao final da obra**

Este indicador (Formula 11) aponta o consumo de água potável no canteiro de obras por trabalhador por mês, medido mensalmente e de modo acumulado ao final da obra.

$$\frac{\text{Consumo de água em m}^3}{\text{m}^2 \text{ de área construída}} \quad (11)$$

4.2.3. CONSUMO DE ENERGIA

Para fins de comparação da gestão de energia e análise de dados de consumo o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PQBP-H) utiliza dois indicadores (NOVIS, 2014).

- **Ao longo da obra**

Indicador (Formula 12) destinado ao consumo de energia no canteiro de obra em relação aos numero de trabalhadores por mês, sendo medido mensalmente.

$$\frac{\text{Consumo de energia em kWh}}{\text{Nº de trabalhadores}} \quad (12)$$

- **Ao final da obra**

Indicador (Formula 13) aponta o consumo de energia no canteiro de obra em relação ao m² de área construída, medição realizada de modo acumulado ao final da obra.

$$\frac{\text{Consumo de energia em kWh}}{\text{m}^2 \text{ de área construída}} \quad (13)$$

4.3. APLICAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM OBRAS

Para realizar a aplicação dos indicadores nas obras estudadas foi necessário entrar em contato com a construtora responsável pelas obras e com a empresa encarregada da certificação na obra M. Após o contato com os responsáveis pela obra e certificação foram elaboradas as Tabelas 3, 4, 5 e 6 e enviadas por e-mail, juntamente com as tabelas foram pedidas explicações caso houvesse picos de consumo e produção. A construtora ficou responsável pelos dados da obra N e a certificadora pela obra N.

Tabela 3 - Informações da obra.

Informações referentes à obra
M ² construído da obra
Nº de funcionários no canteiro de obras
Fonte: Autora, 2017.

Tabela 4 - Questionário referente à produção de resíduos.

Produção de Resíduos (m ³) [Meses Referentes à Obra]	Classe A	Dest.	Classe B	Dest.	Classe C	Dest.	Classe D	Dest.
Jan								
Fev								
Mar								
Abr								
Mai								
Jun								
Jul								
Ago								
Set								
Out								
Nov								
Dez								

Fonte: Conama Nº 307/2002.

Tabela 5 - Questionário referente ao consumo de água.

Consumo de água (m ³) [Meses referentes à obra]
Jan
Fev
Mar
Abr
Mai
Jun
Jul
Ago
Set
Out
Nov
Dez

Fonte: Autora, 2017.

Tabela 6 - Questionário referente ao consumo de energia.

Consumo de energia (kWh) [Meses referentes à obra]
Jan
Fev
Mar
Abr
Mai
Jun
Jul
Ago
Set
Out
Nov
Dez

Fonte: Autora, 2017.

A partir dos dados oriundos do preenchimento das tabelas foi possível calcular os indicadores do tópico 4.2 para que ocorresse a comparação nas diferentes obras.

4.4. COMPARAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM OBRAS

Nesta etapa do trabalho foram calculados os indicadores do tópico 4.2 por meio dos dados obtidos dos questionários do tópico 4.3. Uma vez calculado os indicadores, foi possível fazer uma comparação de cada obra, analisar o quão diferente e semelhante foram os resultados e avaliar se a certificação implica uma melhor qualidade ambiental no canteiro de obra.

A comparação foi realizada por meio dos resultados obtidos em cada indicador nas duas obras estudadas, frisando que a obra M é a obra que almeja a certificação AQUA-HQE, devendo ser, teoricamente, a obra com menor geração de resíduos, consumo de água e energia.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados com a construtora e a empresa responsável pela certificação foi possível identificar os benefícios ambientais por meio dos indicadores de desempenho que são apresentados no tópico 4.2 deste trabalho.

Os resultados dos indicadores de desempenho apresentados nas tabelas dos tópicos 5.1, 5.2 e 5.3 são valores aproximados para facilitar a compreensão e análise.

5.1. ANÁLISE DOS INDICADORES DE PRODUÇÃO DE RESÍDUOS

- **Método ao longo da Obra**

Na Tabela 7 são apresentados o volume descartado de resíduos e o número de funcionários de cada obra por mês no ano de 2016 fornecido pela construtora e empresa certificadora.

Tabela 7 - Produção mensal de resíduos pelas obras e número de funcionários.

Resíduos Mensais das Obras												
M ³ de resíduo Nº F	Obra M											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	20	45	15	48	93	41	95	80	131	185	150	93
M ³ de resíduo Nº F	Obra N											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	165	70	50	50	42	93	105	85	50	55	70	60
M ³ de resíduo Nº F	Obra N											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	33	44	44	49	46	45	43	37	27	33	36	36

Nº F: número de funcionários

Fonte: Construtora das obras e empresa responsável pela certificação, 2017. **Adaptado por:** Autora, 2017.

O cálculo da produção de resíduos pelo Método ao Longo da Obra (Formula 1) utilizou os dados apresentados na Tabela 7 e os resultados apresentados na Tabela 8.

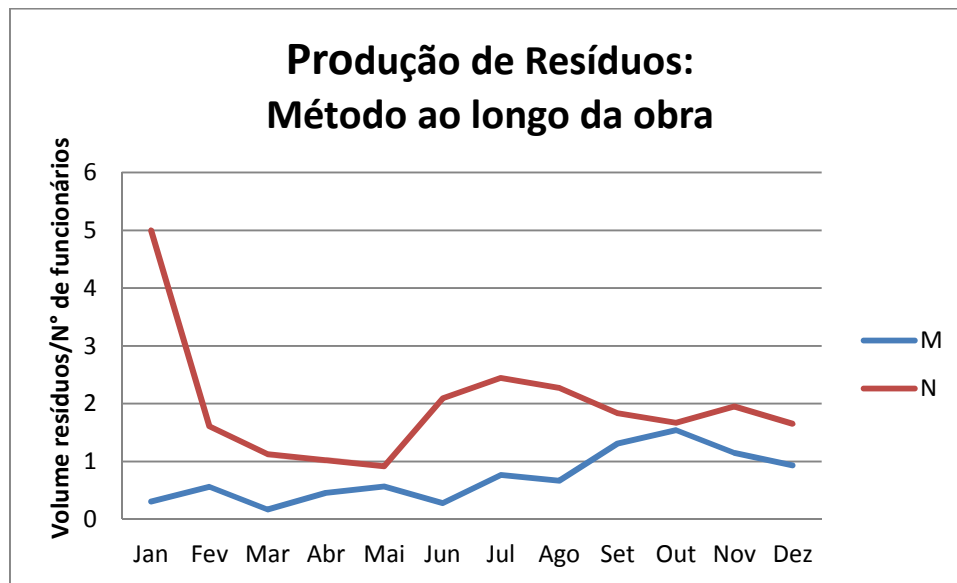
Tabela 8 - Indicador da produção de resíduos ao longo das obras.

Método ao longo da Obra (m ³ /funcionário)												
Obra	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
M	0,31	0,56	0,17	0,46	0,57	0,28	0,76	0,67	1,31	1,54	1,15	0,93
N	5,00	1,61	1,13	1,02	0,92	2,09	2,45	2,27	1,83	1,67	1,95	1,66

Fonte: Autora, 2017.

A partir dos dados da Tabela 8 foi obtida a Figura 1, onde é possível analisar de forma mais clara as diferenças apontadas das duas gestões mês a mês.

Figura 1 - Indicador de produção de resíduos ao longo das obras.



Fonte: Autora, 2017.

A obra N, que não almeja a certificação, possui uma média de 1,966 m³ de resíduos/funcionário, enquanto a obra M possui média de 0,725 m³ de resíduos/funcionários, sendo uma diferença de 1,241 m³ de resíduos/funcionário.

Com os valores obtidos por esse indicador é possível enxergar que a gestão de resíduos da Obra M foi mais eficaz em diminuir a produção por número de funcionários. Isso pode estar relacionado à conscientização dos operários para redução do desperdício de materiais e também pela reutilização dos resíduos na própria obra como apresentou Novis (2014), visto que a obra M almeja a certificação AQUA-HQE. E também está relacionado ao método construtivo da obra M que foi realizada em estrutura metálica, diminuindo a geração de resíduos de madeira, aço e entulho, se comparado com o sistema convencional de concreto armado, conforme descrito no PGRCC da obra M.

- **Método ao final da Obra**

A realização do cálculo do indicador referente ao Método ao final da Obra (Fórmula 2) se deu por meio dos dados apresentados na Tabela 9, onde se encontra o volume total descartado de resíduos e a área construída de cada obra.

Tabela 9 - Valores totais de descarte de resíduos e área das obras.

Dados das Obras		
Obras	Volume Total de Resíduos (m ³)	Área Construída das Obras (m ²)
M	996	8073,25
N	895	4023,31

Fonte: Construtora das obras e empresa responsável pela certificação, 2017. Adaptado por: Autora, 2017.

Por meio do volume de resíduo obtido ao final da obra, é possível detectar uma diferença grande de estimativa no PGRCC entregue à Prefeitura Municipal de Uberlândia da obra M com o real volume de resíduos, pois os valores da Tabela 3 são diferentes do obtido na da Tabela 9, sendo a estimativa inferior à realidade, dificultando o planejamento da obra em relação aos resíduos.

A análise dos valores do indicador relativo à produção de resíduos por metro quadrado da obra é apresentada pela Tabela 10 para as duas obras.

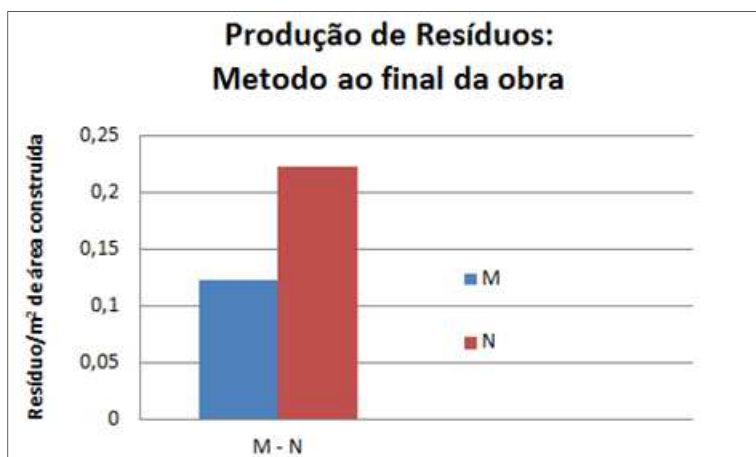
Tabela 10 - Indicador de produção de resíduos no final das obras.

Método ao final da Obra	
Obras	m ³ de resíduos/m ² de área construída
M	0,12
N	0,22

Fonte: Autora, 2017.

Por meio dos valores obtidos dos cálculos do indicador ao final da obra foi possível plotar a Figura 2, facilitando a análise visual das diferenças encontradas.

Figura 2 - Indicador de produção de resíduos ao final da obra.



Fonte: Autora, 2017.

Analisando os dados ao final da obra foi possível perceber grande diferença de produção de resíduos das duas obras, podendo levar a análise de que a obra M usou técnicas mais eficazes de gestão, como o método construtivo, e focou na redução de geração de RCC (NOVIS, 2014).

A obra N possui 4023,31 m², enquanto a obra M possui 8073,25 m², ou seja, quase o dobro de área construída. Porém, a quantidade de resíduos descartados pela obra N está muito próxima ao da obra M, demonstrando que a certificação afeta positivamente a gestão de resíduos no canteiro de obras.

- **Redução da Produção de RCC**

A Redução da Produção de RCC (Fórmula 3) foi calculada com os dados da Tabela 10, uma vez que o indicador é a diferença entre os valores obtidos pelo indicador Método ao Final da obra de cada uma das obras. O indicador de Redução da Produção de RCC está apresentado na Tabela 11:

Tabela 11- Indicador de redução de produção de resíduos.

Redução da Produção de Resíduos	
M-N	-0,099* (m ³ de resíduo/m ² de área construída)

* Valor sem aproximação.

Fonte: Autora, 2017.

Ao aplicar este indicador foi possível identificar que as práticas preventivas auxiliam na redução de produção de resíduos nas obras.

- **Destinação dos RCC**

Este indicador é expresso pelas Fórmulas 4,5 e 6, sendo essencial para a comparação de gestão sustentável dos canteiros de obra. Para facilitar a comparação, a Tabela 12 apresenta a classificação dos resíduos das obras e seus respectivos volumes (m³).

Tabela 12 - Volume de resíduos das obras separados pela classificação, conforme CONAMA 307/02.

Classificação dos Resíduos das Obras				
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
M	710	208	43	35
N	635	177	34	49

Fonte: Construtora das obras e empresa responsável pela certificação, 2017.

As formas de destinação, os respectivos volumes para cada destinação por obra e a contribuição percentual de cada forma de destinação são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Indicador de destinação de RCC expresso em m³/Nº de funcionários

Destinação dos Resíduos				
	M (m³)	N (m³)	M (%)	N(%)
Reutilizado em obras	-	-	-	-
Valorizado	788	167	79	19
Eliminado	208	728	21	81

Fonte: Construtora das obras e empresa responsável pela certificação, 2017.

Não há percentual de reutilização em obra, pois os valores foram medidos quando saíram dos canteiros, dessa forma os resíduos reutilizados não foram computados. Porém é possível deduzir que a obra M possui maior percentual de reutilização devido ao fato que em proporção saíram menos resíduos do que na obra N.

Na Figura 3 constam os valores de destinação da Tabela C.

Figura 3 - Indicador de destinação de resíduos das obras.



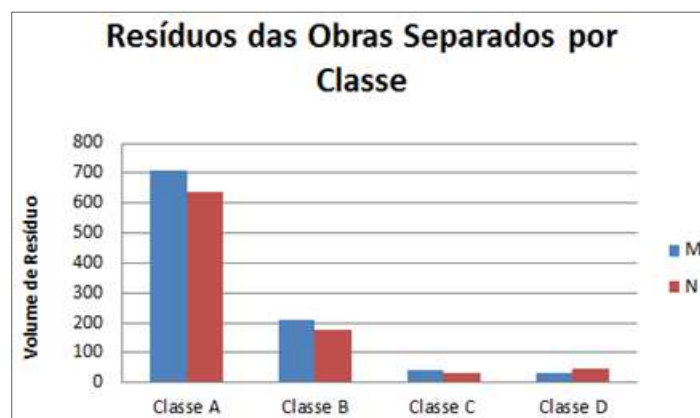
Fonte: Autora, 2017.

A obra M, que almeja certificação, possui percentual maior de valorização dos resíduos que a obra N, que consequentemente possui percentual maior de eliminação (destinação final) dos resíduos. Esse indicador reafirma que o almejo da certificação ambiental melhorou a gestão de resíduos no canteiro de obra por parte da construtora, devido ao fato de que a Fundação Vanzolini, que é a responsável pela certificação AQUA-HQE, tem o princípio de não geração de resíduos, reutilização, valorização e posteriormente a destinação final de maneira ambientalmente correta (REFERENCIAL TÉCNICO - FUNDAÇÃO CARLOS VANZOLINI, 2016).

- **Composição dos RCC**

Esse indicador é importante para a percepção da gestão de resíduos nos canteiros de obras, já que ele demonstra o controle de resíduo perigoso. O cálculo desse indicador também leva em consideração a classificação dos resíduos, conforme CONAMA 307/02, disposto na Tabela 12 e plotado no Figura 4.

Figura 4 - Classificação dos resíduos das obras.



Fonte: Autora, 2017.

Com os dados das classificações dos resíduos foi possível calcular o indicador de Composição dos RCC (Tabela 14), separados em Resíduos Inertes, Resíduos Perigosos e Resíduos Não Perigosos, conforme NBR 10004/20014.

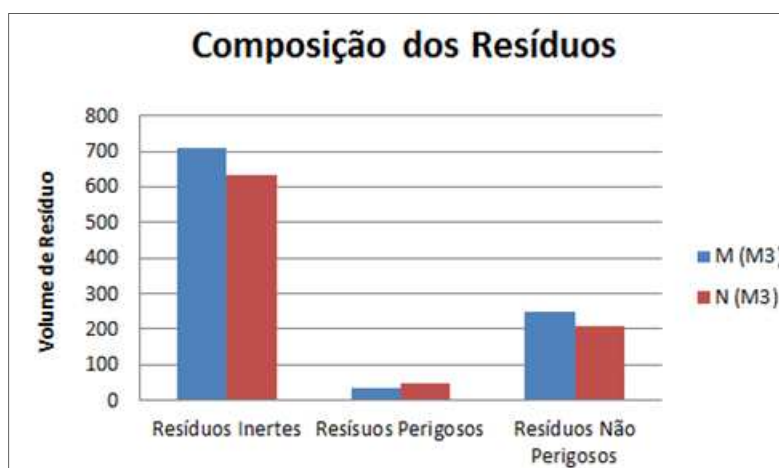
Tabela 14 - Indicador de composição dos resíduos das obras expresso em m³/m².

Composição dos Resíduos				
	M (m³)	N (m³)	M(%)	N(%)
Resíduos Inertes	710	635	71	71
Resíduos Perigosos	35	49	4	5
Resíduos Não Perigosos	251	211	25	24

Fonte: Autora, 2017.

Na Figura 5 constam os valores descritos na Tabela 14.

Figura 5 - Indicador de composição dos resíduos das obras.



Fonte: Autora, 2017.

Os outros indicadores relacionados à produção de resíduos apontam que a obra M possui uma gestão diferenciada da obra N, que se dá devido ao fato de almejar a

certificação ambiental. Porém, pelo indicador Composição dos Resíduos é possível observar uma similaridade na composição de resíduos de ambas as obras.

É possível observar, nas Figuras 6, 7, 8, 9 e 10 que a obra M investiu na gestão, organização e conscientização dos funcionários em relação aos resíduos, refletindo diretamente nos valores obtidos nos indicadores.

Figura 6 - Placa indicativa de organização dos resíduos da obra M.



Fonte: Empresa responsável pela certificação, 2017.

Figura 7 - Recipientes espalhados no canteiro da obra M para resíduos perigosos.



Fonte: Empresa responsável pela certificação, 2017.

Figura 8 - Painel de conscientização da gestão de resíduo da obra M.



Fonte: Empresa responsável pela certificação, 2017.

Figura 9 - Coleta seletiva no canteiro da obra M.



Fonte: Empresa responsável pela certificação, 2017.

Figura 10 - Recipiente destinado para resíduos de madeira da obra M.



Fonte: Empresa responsável pela certificação, 2017.

No que se refere à obra N, que é uma obra menor se comparada a M, a gestão e organização dos resíduos pode ser considerada ineficaz, uma vez que valor superior de resíduos perigosos, de forma quantitativa, pode se dar ao fato de que houve contaminação de outros resíduos, um exemplo de gestão inadequada.

5.2. ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONSUMO DE ÁGUA

- **Método ao longo da obra**

A realização do cálculo do indicador referente ao Método ao Longo da Obra em relação ao consumo de água (Fórmula 10) se deu por meio dos dados apresentados na Tabela 15, onde se encontra o volume consumido de água e o número de funcionários das obras por mês.

Tabela 15 - Valores do consumo mensal de água das obras.

Consumo de Água Mensal												
<u>Obra M</u>												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
M³ de água	100	229	186	198	195	247	329	273	282	313	289	-
Nº F	65	80	90	105	164	150	125	120	100	120	130	-
<u>Obra N</u>												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
M³ de água	113	69	125	19	14	79	123	121	82	47	37	32
Nº F	33	44	44	49	46	45	43	37	27	33	36	36

Nº F: número de funcionários.

Fonte: Construtora das obras e empresa responsável pela certificação, 2017.

Os valores obtidos pelo indicador de consumo de água ao longo da obra constam na Tabela 16, neles é apontado o consumo de água potável no canteiro de obras.

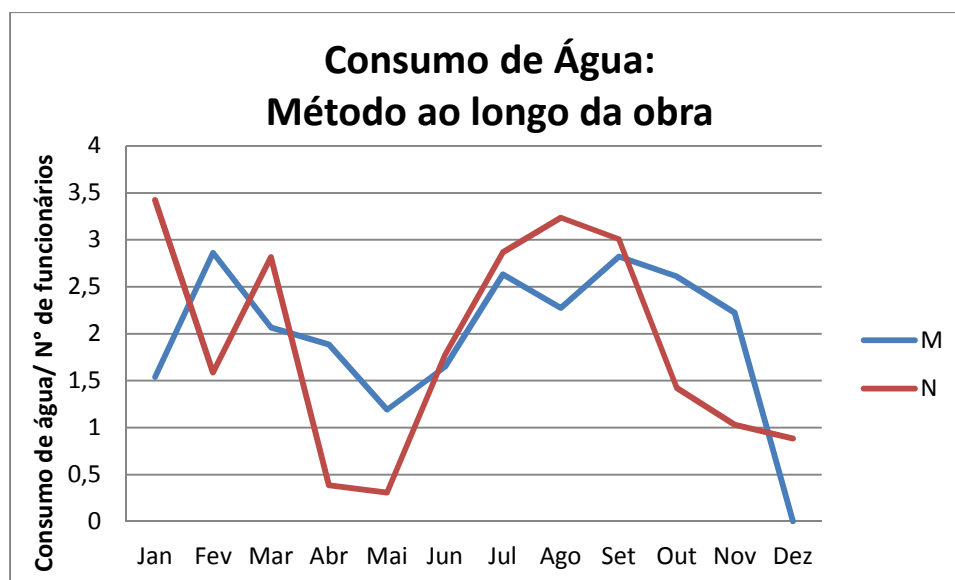
Tabela 16 - Indicador de consumo de água ao longo das obras expresso em m³/Nº de funcionários.

Método ao longo da Obra												
Obra	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
M	1,54	2,86	2,07	1,89	1,19	1,65	2,63	2,28	2,82	2,61	2,22	-
N	3,42	1,59	2,82	0,39	0,31	1,78	2,87	3,24	3,01	1,42	1,03	0,88

Fonte: Autora, 2017.

Para facilitar a percepção do consumo de cada obra foi plotada a Figura 11 com os dados da Tabela 16.

Figura 11 - Indicador de consumo de água ao longo das obras.



Fonte: Autora, 2017.

Analisando os dados, a obra M consumiu mais água que a obra N em 6 meses. A obra que almeja certificação ambiental precisa atingir níveis de consumo inferior a obras que não almejam, uma vez que um empreendimento com bom desempenho ambiental tem como características minimizar os impactos negativos (UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL, 2002).

De acordo com os dados obtidos mês a mês é possível observar um desequilíbrio de consumo, onde há picos de consumo ao decorrer do ano em ambas as obras. Esses picos de consumo podem se dar por falhas no sistema, como vazamentos (SINDICATO, 2016).

Não houve repasse do valor consumido de água no mês de Dezembro pela obra M.

- **Método ao final da Obra**

A realização do cálculo do indicador referente ao Método ao Final da Obra (Fórmula 11) se deu por meio dos dados apresentados na Tabela 17, onde se encontra o volume total de consumo de água a área de cada obra.

Tabela 17 - Valores totais de consumo de água e metragem das obras.

Dados das Obras		
Obras	Consumo Total de Água (m ³)	Área Construída das Obras (m ²)
M	2641	8073,25
N	861	4023,31

Fonte: Construtora das obras e empresa responsável pela certificação, 2017.

A partir dos dados encaminhados pela construtora e pela empresa responsável pela certificação foi obtido o indicador de consumo de água ao final da obra (Tabela 18).

Tabela 18 - Indicador de consumo de água ao final das obras, expresso em m³/m².

Método ao final da Obra	
Obras	M ³ de água consumida/m ² de área construída
M	0,33
N	0,21

Fonte: Autora, 2017.

Esse indicador permite perceber de forma quantitativa a diferença no consumo de água entre as obras estudadas. A obra M, que é a que almeja a certificação ambiental e também é a maior obra, teve um consumo mais elevado, do que a obra N, que não almeja certificação, obtendo uma diferença de 0,1131 m³/m². Mesmo com o método construtivo, estrutura metálica, sendo um método que consome menos água se comparado ao método convencional de concreto armado, a obra M consumiu mais água que a obra N.

Vale ressaltar que a obra M realizou um mecanismo para o aproveitamento de águas pluviais, que foram utilizadas no lava-rodas (sistema que limpa as rodas dos veículos em funcionamento na obra) e na lavagem do refeitório (Figuras 12 e 13), não contabilizando nos controles do consumo de água. Mesmo a obra que almeja certificação tendo mecanismos de diminuição de consumo de água e reaproveitamento da mesma, o consumo de água foi superior ao da obra N.

Figura 12 - Mecanismo de aproveitamento de águas pluviais da obra M.



Fonte: Empresa responsável pela certificação, 2017.

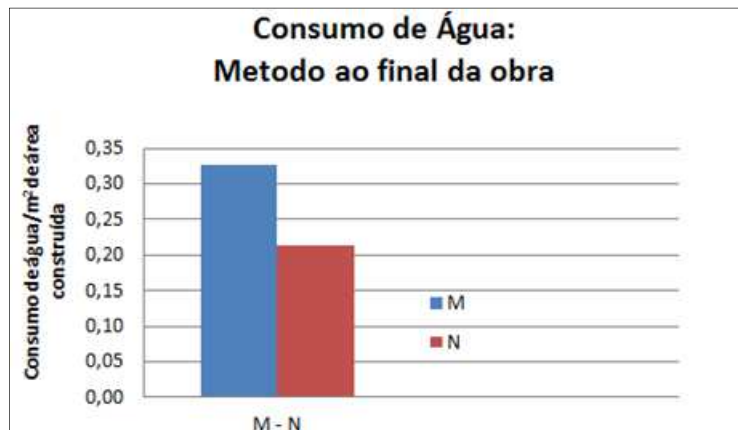
Figura 13 - Sistema lava-rodas da obra M, utilizando águas pluviais.



Fonte: Empresa responsável pela certificação, 2017.

Segue a Figura 14, demonstrando melhor o indicador Método ao final da Obra.

Figura 14 - Indicador de consumo de água ao final das obras.



Fonte: Autora, 2017.

O tamanho do empreendimento é um fator que influencia no valor do indicador, pois o cálculo é realizado mediante a divisão do valor consumido pela área construída, podendo levar a diluição do consumo real medido (MARQUES et. al, 2017), o que não ocasionou na obra M, pois seu consumo foi mais elevado do que a obra N. Por outro lado, obras maiores requerem um maior controle sob seus processos, pois contêm um número superior de atividades, podendo sair de controle o consumo de água. O que pode ter ocasionado o consumo elevado na obra M.

Um fator que pode ter influenciado no consumo inferior da obra N são os problemas de organização e limpeza, canteiro de obras que contém esse tipo de problema utiliza menos água para efetuar a limpeza, consequentemente obtém um menor consumo de água.

Deve-se ressaltar um elemento que pode interferir nesse consumo elevado da obra M. Obras que almejam certificação ambiental têm de cumprir uma série de requisitos, dentre esses requisitos, que constam na certificação AQUA, são os canteiros de baixo impacto, ou seja, deve-se ter baixo consumo de água, energia e produção de resíduos, além de minimizar a poluição sonora e atmosférica em seu entorno. Uma alternativa para a minimização da poluição atmosférica, que em sua maioria são provenientes de partículas de poeira oriunda dos canteiros, é sempre deixar as áreas de transbordo de máquinas úmidas, o que pode acarretar num consumo mais elevado de água (REFERENCIAL TECNICO - FUNDAÇÃO CARLOS VANZOLINI, 2016).

5.3. ANÁLISE DOS INDICADORES DE CONSUMO DE ENERGIA

- **Método ao longo da Obra**

A realização do cálculo do indicador referente ao Método ao longo da Obra em relação ao consumo de energia (Fórmula 12) se deu por meio dos dados apresentados na Tabela 19, onde se encontra o volume consumido de energia e o número de funcionários das obras por mês.

Tabela 19 - Valores do consumo mensal de energia das obras.

Consumo de Energia Mensal												
<u>Obra M</u>												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
KWh	2.556	2.224	2.224	2.759	3.300	2.818	3.022	3.278	3.913	3.721	3.528	-
NºF.	65	80	90	105	164	150	125	120	100	120	130	-
<u>Obra N</u>												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
KWh	879	1.492	1.473	1.438	1.468	1.708	1.504	1.331	1.272	1.426	1.1273	1.757
NºF.	33	44	44	49	46	45	43	37	27	33	36	36

Fonte: Construtora das obras e empresa responsável pela certificação, 2017.

Os valores obtidos pelo indicador Método ao Longo da Obra estão dispostos na Tabela 20.

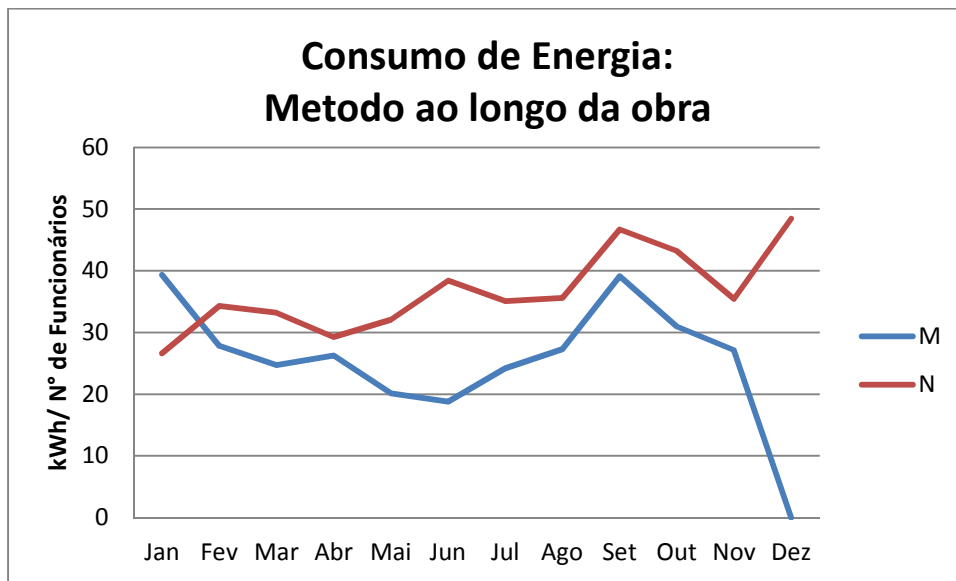
Tabela 20 - Indicador de consumo de energia ao longo das obras.

Método ao longo da Obra												
Obra	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
M	39,32	27,80	24,71	26,28	20,12	18,79	24,18	27,32	39,13	31,01	27,14	-
N	26,64	34,30	33,19	29,28	32,09	38,38	35,06	35,59	46,68	43,21	35,47	48,77

Fonte: Autora, 2017.

A partir dos dados da Tabela 20 foi possível plotar a Figura 15, para facilitar a interpretação dos dados.

Figura 15 - Indicador de consumo de energia ao longo das obras.



Fonte: Autora, 2017.

Pelos dados obtidos é possível observar que a obra M possui consumo menor por número de funcionários do que a obra N, somente ultrapassando no mês de Janeiro. Os picos de consumo da obra M, que se deram nos meses de Janeiro e Setembro, se deve ao uso de serra circular para ajustar os perfis das esquadrias na medida certa e pela máquina de solda, que foi bastante utilizada numa montagem da pele de vidro do edifício, sendo necessário o seu funcionamento contínuo.

Essa diferença de consumo de energia se dá pela troca de equipamentos que consomem mais energia para os de consumo mais eficiente, pela manutenção de máquinas e em incentivos de mudança de hábitos por parte dos operários, oriundo de uma reeducação e conscientização. Por meio do indicador, nota-se que a obra M usou técnicas mais eficazes de gestão e que a certificação ambiental é um incentivo para a gestão de consumo de energia (NOVIS, 2014).

Na obra M houve uma falta de medição no mês de Dezembro, pois foi um mês em que estava ocorrendo à mudança de responsabilidade da construtora para os donos da obra, acontecendo uma divergência na incumbência da medição.

- **Método ao longo da obra**

A realização do cálculo do indicador referente ao Método ao Final da Obra (Fórmula 13) se deu por meio dos dados indicados na Tabela 21, onde se encontra o consumo total de energia e a metragem de cada obra.

Tabela 21 - Valores totais de consumo de energia e metragem das obras.

Dados das Obras		
Obras	Consumo Total de Energia (KWh)	Área Construída das Obras (m ²)
M	33.343	8073,25
N	17.021	4023,31

Fonte: Construtora das obras e empresa responsável pela certificação, 2017.

Foram obtidos os valores do indicador (Tabela 22) por meio dos dados dispostos na Tabela 21.

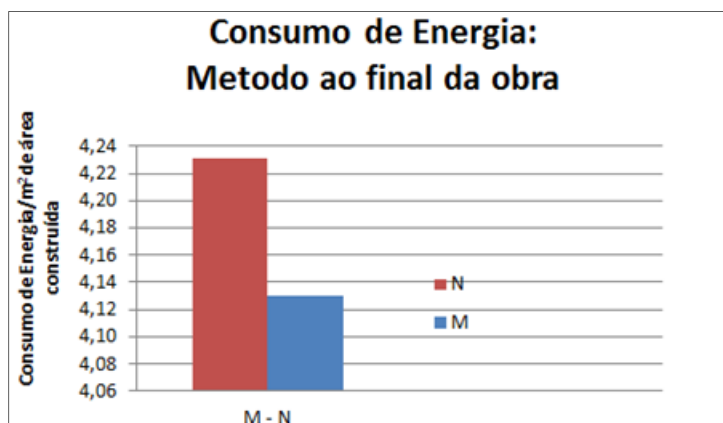
Tabela 22 - Indicador de consumo de energia ao final das obras, expresso em kWh/m².

Método ao final da Obra	
Obras	kWh/m ² de área construída
M	4,13
N	4,23

Fonte: Autora, 2017.

A Figura 16 demonstra de forma visual a diferença no consumo das obras.

Figura 16 - Indicador de consumo de energia ao final das obras.



Fonte: Autora, 2017.

A obra M obteve um consumo de energia inferior ao da Obra N, obtendo uma diferença de 0,1005 kWh/m². Essa diferença se torna maior quando multiplicamos pelo m² da obra M, demonstrando a real economia de energia no canteiro da obra, obtendo uma economia de 811,36 kWh em relação à obra N. Ressaltando, assim, que a certificação ambiental realmente imprimiu um aspecto positivo na gestão de consumo de energia da obra M.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, o almejo da certificação AQUA-HQE, na obra do município de Uberlândia, empregou aspectos positivos para o desempenho ambiental do empreendimento M e na gestão do seu canteiro de obras, uma vez que dos indicadores propostos por esse trabalho, duas áreas obtiveram redução nos valores de consumo, se comparado com a outra obra. Os indicadores relacionados à produção de resíduos e ao consumo de energia deram inferiores para a obra M, que almeja a certificação, em relação a obra N. O indicador de consumo de água, medido mês a mês, foi equilibrado em ambas as obras, uma vez que em 6 meses o consumo maior foi da obra M e os outros meses da obra N. O indicador de consumo de água medido ao final da obra foi superior para obra M. Teoricamente a obra deveria ter os valores de consumo inferior ao da obra N, uma vez que seu sistema de gestão em seu canteiro de obras deveria ser diferenciado, minimizando os seus impactos para ser considerado um empreendimento de bom desempenho ambiental.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISSO 10004 –**Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISSO 10004 - **Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2008.
- ÂNGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduo da construção e demolição**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- ARAÚJO, V. M. **Práticas Recomendadas Para a Gestão Mais Sustentável de Canteiro de Obras**. São Paulo, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- BALDWIN, R.; LEACH, S.J.; DOGGART, J.V.; ATTENBOROUGH, M.P. **BREEAM 1/90: na environmental assessment for new office designs**. Garston: CRC, 1990. (BRE Report).
- BALDWIN, R.; YATES, A.; HOWARD, N.; RAO, S. **BREEAM 98 for offices: na environmental assessment method for office buildings**. Garston: CRC, 1998. 36 p. (BRE Report).
- BALTAR, G. B.; KAEHLER, J. W. M.; PEREIRA, L. A. **Indústria da Construção Civil e Eficiência Energética**. 2006. Disponível em: <<http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/3210/5/000384715-Texto%2BCompleto%2BAnexo%2BE-5.pdf>>. Data de acesso: 02/10/ 2017.
- BRASIL. **Balanco Energético Nacional (BEN)**. Brasília, 2012. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Data de acesso: 12/09/2017.
- CARDOSO, F. F.; ARAUJO, V. M. **Canteiros de Obras**. In: PROJETO Tecnologias para Construção Habitacional Mais Sustentável: estado da arte. São Paulo: Edusp, 2006.
- CARDOSO, F. FIORANI, V. DEGANI, C. **Impactos ambientais dos canteiros de obras: uma preocupação que vai além dos resíduos**. São Paulo, 2006.
- CARNEIRO, A. P. et al. **Reciclagem de Entulho para Produção de Materiais de Construção: Projeto Entulho Bom**. Salvador: EDUFBA: Caixa Econômica Federal, 2001.
- CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil. **Construção civil: Desempenho e Perspectivas**. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br>>. Data de acesso: 30/06/2017.

CENTRE OF ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY, LTD. **HK-BEAM (New Offices): an environmental assessment for new office designs**. Version 1/96r. Hong Kong: CET, 1999. 47 p.

CERTIFICAÇÃO AQUA-HQE - FUNDAÇÃO CARLOS VANZOLINI. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>>. Data de acesso: 03/04/2017.

COLE, R.J.; LARSSON, N. **Green building challenge: lessons learned from GBC'98 and GBC2000**. In: SUSTAINABLE BUILDINGS, 2000, Maastricht. Proceedings... Maastricht: NOVEM; CIB; GBC, 2000. p.213-215.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 307: estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002.

COSTA, D. **Diretrizes para Concepção, Implementação e Uso de Sistemas de Indicadores de Desempenho para Empresas da Construção Civil**. Porto Alegre, 2003.

COSTA, J.; HORTA, I.; GUIMARÃES, N.; CUNHA, J.; NÓVOA, H., SOUSA, R. **Sistemas de Indicadores de Desempenho e Produtividade para a Construção Civil**. Porto, 2006.

CRAWFORD, R.; TREOLOAR, G. **An Assessment of the Energy and Water Embodied in Commercial Building Construction**. In: AUSTRALIAN LIFE CYCLE ASSESSMENT CONFERENCE, 4., Sydney, 2005. Proceedings... Sydney, 2005.

DEGANI, C. M.; MELHADO, S. B.; CARDOSO, F. F.. **Análise ISSO 14001 X ISO 9001:2000 Integrando Sistemas**. ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2002, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu: 2002.

DEGANI, C. M. **Modelo de gerenciamento da sustentabilidade de facilidades construídas**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica de Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2010.

DEGANI, C. M. **Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios**. 2003. 205 p., mais anexos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DIAS, F. S. **Etapas e Procedimentos nos Canteiros de Obras e Suas Influências no Desperdício na Construção Civil**. Campo dos Goitacazes, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campo dos Goitacazes, 2006.

Edwards, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2008.

EVANGELISTA, P. P. A.; COSTA, B. D.; ZANTA, M. V. **Alternativa Sustentável para Destinação de Resíduos Classe A: diretrizes para reciclagem em canteiros de obras**. 2009.

152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

FARIAS, P. M. A. **Construção Sustentável: contributo para o processo de construção na alteração de uso nos Edifícios**. Lisboa, 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2010.

FLORIM, L. **CONTRIBUIÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: CARACTERÍSTICAS DE UM PROJETO HABITACIONAL ECOEFICIENTE**. Florianópolis, 2005.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/>>. Data de acesso: 03/04/2017.

GANGOLELLS, M.; CASALS, M.; GASSÓ, S.; FORCADA, N.; ROCA, X; FUERTES, A. A **methodology for predicting the severity of environmental impact related to the construction process of residential buildings**. Building and Environment, v. 44, n. 3, p. 558-571, 2009.

GEHLEN, J.. **Aplicando a sustentabilidade e a produção limpa aos canteiros de obras**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2, 2009, São Paulo. **Anais...**São Paulo: 2009.

HQE Certification. Disponível em: <<http://www.behqe.com/>>. Acesso em: 17/08/2017.

JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

KLEIN, S. E. S. **Diretrizes de gestão ambiental na indústria da construção civil de edificações**. 2002. 86 p., mais anexos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2002.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. A. Levantamento do estado da arte: Energia. Projeto Finep 2386/04: **Tecnologias para construção habitacional mais sustentável**. São Paulo, 2007. 94p.

LEITE, M. B. **Avaliação de Propriedades Mecânicas de Concretos Produzidos com Agregados Reciclados de Resíduos de Construção e Demolição**. 2001. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MARQUES, C. GOMES, B. BRANDLI, L. **Consumo de água e energia em canteiro de obra: um estudo de caso do diagnostico a ações visando à sustentabilidade**. Passo Fundo, 2017.

MARQUES, F. M.; SALGADO, M. S. **The building material selection importance at the building design process for its sustainability.** In: CIB WORLD BUILDING CONGRESS. 2007, Cape Town. Proceedings...Cape Town, South Africa: 2007, p. 2384-2396.

NIBEL S.; CHATAGNON N.; ACHARD G. ESCALE, **Assessment method of buildings environmental performance.** In: INTERNATIONAL CONFERENCE SUSTAINABLE BUILDING, 2000, Maastricht. Proceedings... Maastricht: NOVEM; CIB; GBC, 2000.

NOVIS, L. **Estudo dos indicadores ambientais na construção civil – Estudo de caso em 4 construtoras.** Rio de Janeiro, 2014.

OLIVEIRA, I. L.; SERRA, S. M. B. **Análise da organização de canteiros de obras.** ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. ENTAC 2006. Anais...Florianópolis: 2006.

OLIVEIRA, J. SPOSTO, R. BLUMENSCHNEIDER, R. **Ferramenta para a avaliação da sustentabilidade ambiental na fase de execução de edifícios no Distrito Federal.** Brasília – DF, 2012.

Pinheiro, M. Duarte. **Ambiente e Construção Sustentável.** Instituto do Ambiente, Lisboa, 2006.

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

Pereira, Luís H., Said, J. Aguiar, J. L. Barroso de. **Viabilidade econômica de uma central de tratamento de resíduos de construção e demolição.** 2004.

PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT (PBQP-H). Disponível em: <<http://pbqp-h.cidades.gov.br/index.php>>. Data de acesso: 25/04/2017.

REFERENCIAL TÉCNICO – FUNDAÇÃO CARLOS VANZOLINI. Disponível em: <https://vanzolini.org.br/aqua/wp-content/uploads/sites/9/2016/10/RT_AQUA-HQE-Edificios_ao-residenciais-2016-04.pdf>. Acesso em: 03/04/2017.

ROCHA, M. PEREIRA. **Proposta de Indicadores de Sustentabilidade na Gestão de Resíduos de Construção e Demolição.** Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2012.

SCHEUER, C. et al. **Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications.** School of Natural Resources and Environment. University of Michigan, 2003.

- SHARRARD, A. L.; MATTHEWS, S.; ROTH, M. **Environmental Implications of Construction Site Energy Use and Electricity Generation**. Journal of Construction Engineering and Management, p. 846-854, 2007.
- SILVA, R. R.; VIOLIN, R. Y. T. **Gestão da Água em Canteiros de Obras de Construção Civil**. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 7., Maringá, 2013. Maringá. Anais... Maringá: EPCC, 2013.
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO E MOBILIÁRIO DO RIO GRANDE DO SUL. **Guia de Sustentabilidade na Construção Civil no Rio Grande do Sul**. Disponível em: <http://www.sinduscon-rs.com.br/wp-content/uploads/2013/06/Cartilha_Sustentabilidade_WEB.pdf>. Data de acesso: 09/08/2017.
- SOUZA, U. E. L. **Projeto e Implantação do Canteiro**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.
- THORMARK, Catarina. **Alow energy building in a life cycle - its embodied energy, energy need for operation and recycling potential**. Institute of Technology, Lund University. Lund, Suécia, 2001b.
- UBERLÂNDIA. **DECRETO Nº 16.063, DE 1º DE OUTUBRO DE 2015**. Dispõe sobre a gestão sustentável eletrônica de resíduos da construção civil e volumosos no município de Uberlândia e dá outras providências. Disponível em: <http://www.uberlandia.mg.gov.br/uploads/cms_b_arquivos/13707.pdf>. Data de acesso: 25/04/2017.
- UNITED STATES GREEN BUILDING COUNCIL. **Na Introduction to the US Green Building Council and the LEED™ Green Building Rating System**. Washington, DC. March, 2002. Disponível em: <www.usgbc.org/USGBCCintroSLIDES.ppt>. Data de acesso: 17/06/2017.
- WATERWISE. **International Water Association Efficient**. 2017. Disponível em: <<http://www.waterwise.org.uk>>. Data de acesso: 2/08/2017.
- U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. **LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)**: Environmental building rating system criteria. San Francisco: USGBC, April 1996. (Third Ballot Draft, Appendix 1: Scoring Statements & Related Information for Sub- Criterion).
- ZIMMERMANN, A. et al. **Proposed Framework for Environmental Assessment of Existing Buildings**. In: SUSTAINABLE BUILDING, 2002, Oslo. Proceedings... Oslo: iiSBE/CIB/Biggforsk, 2002. 1 CD-ROM.