PARTE 01 – CONCEPÇÃO E OBJETIVOS

Este projeto surgiu da percepção da necessidade de uma solução eficiente e eficaz para o tratamento dos resíduos líquidos do canteiro de obras solicitado pelo PBPQ-H e legislações ambientais aplicáveis à empresa, unindo assim as áreas de gestão ambiental, qualidade e produção. O projeto contou com o apoio da equipe de engenharia e operacional de obras, envolvendo desde engenheiros, gestores ambientais, até operadores de betoneira e serventes de obras.

Concepção

Com o desenvolvimento tecnológico das indústrias e o aumento da população nos centros urbanos, ocorreu, paralelamente, um aumento crescente da quantidade e diversidade de poluentes ambientais e, consequentemente, um comprometimento contínuo da qualidade de vida dos seres vivos no meio ambiente. Surgiu, então, a necessidade de consolidar novos modelos de desenvolvimento, buscando a sustentabilidade por meio de alternativas de utilização dos recursos existentes, orientadas por uma racionalidade ambiental, visando à preservação dos recursos naturais. Neste contexto a indústria da construção civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, mas, por outro lado, apresenta-se como grande geradora de impactos ambientais, quer pelo consumo de recursos naturais, quer pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos.

Segundo dados da ANAB (Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica) cerca de 50% dos recursos extraídos da natureza são destinados ao setor e, no caso do Brasil é responsável pelo consumo de 40% dos recursos naturais e da energia produzida, 16% da água, 55% de madeira não certificada, além de responder pela produção de 67% da massa total de resíduos sólidos urbanos. Diante disso, foi necessário a criação de normas ambientais para regular o setor. Além da legislação ambiental específica outras iniciativas para redução dos impactos ambientais causados pelo setor surgiram. Destaca-se programas e certificações voluntárias voltadas a diminuir o consumo de recursos e geração de resíduos sólidos, sendo o tema amplamente debatido entre as empresas do segmento. Entretanto o consumo de água e a geração de resíduos líquidos não têm recebido a mesma atenção.

As águas residuárias da construção civil podem causar contaminação do solo, das águas subterrâneas ou não atender aos parâmetros de lançamento quando

descartadas na rede pública de esgoto sanitário, gerando danos aos corpos hídricos receptores ou danos as estações de tratamento de esgoto. Diante da relevância do consumo de água e descarte dos resíduos líquidos pela construção civil é necessário implantar programas para economizar água nos canteiros de obras. Dentro deste contexto o reuso de água apresenta-se como uma promissora solução para um dos impactos gerados pela construção civil, sugerindo a utilização de águas, de qualidade inferior, para usos que as tolerem.

O reaproveitamento ou reuso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim. A prática do reuso permite que um volume maior de água permaneça disponível para outras finalidades, garantindo seu uso racional e reduzindo a demanda de água sobre os mananciais, uma vez que há substituição do uso de água potável por uma de qualidade inferior, caracterizada como de classe 2. Na construção civil, esta água de reuso pode ser utilizada para realizar a cura de concreto, preparação de argamassa e limpeza de áreas e equipamentos, entre outras atividades. Apesar do investimento inicial necessário, a prática do reuso economiza no consumo de água e no pagamento da taxa de esgoto. Ademais, o reuso da água, por este segmento, evita que os efluentes sejam infiltrados no solo, prática comum em canteiros de obras, e ainda evita que esta seja lançada em corpos d'agua ou na rede de esgoto sanitário, por fim, diminuindo a pressão sobre serviços de saneamento básico.

Diante deste cenário, a problemática enfrentada pela empresa foi destinar adequadamente os efluentes dos seus processos de execução das edificações, especialmente dos serviços de pintura, produção de argamassa e aplicação de concreto, bem como do uso dos chuveiros dos vestiários pelos funcionários. Não foi encontrado no mercado um equipamento para tratar efluentes com características físico-químicas viável nos aspectos ambientais, econômicos e técnicos. Então a solução encontrada pela organização foi buscar parceiros para desenvolver um equipamento que atendesse a esta situação que é comum a todas as empresas do setor.

Objetivos

O objetivo geral do projeto foi tratar os efluentes líquidos gerados por processos da construção civil e permitir o reuso destes para fins menos nobres, ou seja, que não exijam potabilidade, porém que garantam a segurança para os colaboradores que

manuseiam estes líquidos resultantes do referido tratamento, além de ser de baixo custo, com estrutura portátil e segura. A principal meta foi desenvolver um equipamento que resolvesse o problema do tratamento dos resíduos líquidos da construção civil de forma, ambientalmente e economicamente, viável. Os objetivos específicos, metas e indicadores são apresentados na tabela que segue:

OBJETIVOS	METAS	INDICADORS
Estabelecer as condições necessárias para o tratamento dos efluentes conforme objetivo geral do projeto	Definição das premissas do equipamento	Desenvolvimento de sistema de captação das águas
		Desenvolvimento de sistema de filtração das águas captadas
		Definição do coagulante para floculação dos sólidos suspensos
		Definição do sistema de filtração
		Avaliação do melhor sistema de tratamento da água para remoção de metais pesados
		Definição do Tratamento microbiológico da água
Testar a viabilidade de aplicação da água de reuso no canteiro de obras	Avaliação da aplicabilidade da água tratada	Caracterização da água tratada
		Aplicação a água de reuso com segurança no canteiro de obras
Construir um protótipo do equipamento idealizado	Desenvolvimento protótipo da máquina portátil para tratamento de água conforme as premissas estabelecidas	Desenvolvimento do projeto elétrico e de automação
		Aquisição dos insumos e peças necessárias à construção do protótipo
		Montagem do protótipo na oficina
Validar a eficiência e eficácia do equipamento	Validação do funcionamento	Teste do equipamento em campo
		Adequações finais funcionamento na obra
		Treinamento dos colaboradores responsáveis pela operação.
Gerenciar adequadamente os resíduos sólidos gerados no processo	Dar destino correto aos resíduos sólidos gerados no processo	Caracterização do resíduo gerado no tratamento
Assegurar a originalidade do projeto proposto	Patentear o equipamento	Solicitação da patente da máquina portátil

Divulgar os resultados do projeto e importância da inovação	Sensibilizar e divulgar os resultados do projeto com a sociedade	Participação em congressos e palestras técnicas
	Sensibilizar os colaboradores diretamente envolvidos	Realização de campanha de educação ambiental com os colaboradores

Tabela 01. Planilha de objetivos, metas e indicadores

Portanto, o projeto para a construção do equipamento para tratar os efluentes foi realizado de maneira a fazê-lo economicamente viável colaborando com a sociedade no combate ao desperdício e falta de água, seja por qualidade ou por quantidade. O projeto ainda demonstra a sociedade, mais especificamente ao setor da construção civil, que há situações onde é viável investir num projeto para reuso de água. Este projeto se pagará ao longo de um período previamente estipulado, diminuindo assim os custos com o insumo água gerados nas construtoras.

A proposta é inovadora pois os equipamentos de tratamento de efluentes disponíveis no mercado, têm um tamanho que inviabiliza a instalação em obras, devido ao reduzido espaço disponível no canteiro de obras, além de ter um elevado custo impossibilitando a aquisição do mesmo. Outro fator limitante é a falta de capacidade de tratar, no mesmo equipamento, efluentes com características físico-químicas diferentes. Dessa maneira o projeto desenvolvido tem essa versatilidade de tratamento além de ser portátil e flexível quanto a possiblidade de tratar diversos tipos de tratamento. Também pode-se mencionar que as principais características inovadoras estão ligadas ao tamanho, custo e condições de operação do equipamento.

PARTE 02 – ESCOPO E DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Escopo

O escopo do trabalho foi desenvolver uma nova tecnologia sustentável para tratamento eficiente e eficaz dos resíduos líquidos gerados pelos processos da construção civil, com o envolvimento dos colaboradores e possibilitando o reuso da água.

Implementação

Para a implementação do projeto foram utilizadas diversas ferramentas para desenvolvimento de projeto:

- Metaprojeto;

- Análise Swot;
- VDI 2221;
- NPD MAP;
- Business Model Canvas;
- Mapeamento de processos.

De acordo com sua aplicabilidade estas ferramentas foram utilizadas para cada etapa necessária a implementação desta inovação, que foram:

- Análise das oportunidades;
- Análise da viabilidade técnica e econômico-financeira;
- Gestão do processo de inovação.

Esta estruturação metodológica possibilitou que o maior número de variáveis e interferências no projeto fossem contempladas de modo técnico-científico. Possibilitando garantir maior confiabilidade, eficiência e eficácia ao projeto.

- ***Análise das oportunidades***

A partir da análise do contexto, sociedade e mercado, por meio da ferramenta "Metaprojeto" foi possível coletar e sistematizar dados e informações que apoiaram no aprofundamento do desenvolvimento da proposta. Os temas abordados incluíram, mas não se limitaram, ao cenário da empresa, seus concorrentes, legislação e anseios da sociedade foram profundamente avaliados.

Para avaliar as oportunidades e ameaças do projeto a matriz SWOT foi construída. Aliando forças x oportunidades e fraquezas x ameaças foi possível traçar o quadrante de ataque e o quadrante de defesa:

Forças x Oportunidades: A partir dessa análise foi possível constatar muitas potencialidades, tratando das questões ambientais, onde este projeto está referenciado. Atrelado à essa força temos a oportunidade do mercado de solicitar cada vez mais produtos e processos que respeitem o meio ambiente. Outra força relacionada são os programas desenvolvidos pela empresa em seus canteiros de obras. Preocupada com os impactos que a obra pode causar nas partes interessadas, sobretudo colaboradores, vizinhança e o meio ambiente, a empresa procura minimizar os problemas que podem surgir durante os processos construtivos.

Fraquezas x Ameaças: Mesmo estando cada vez mais exigente com as questões ambientais, a sociedade ainda não está disposta a pagar pelo custo das ações e isso pode se tornar uma ameaça para o desenvolvimento de projetos voltados para

preservação ambiental. Entretanto, a empresa adota como estratégia de defesa meios que possam minimizar ou eliminar impactos ambientais adversos. Uma fragilidade que não só a empresa possui, mas todo setor construtivo, é a falta de qualificação da mão de obra. Com esta deficiência, a garantia do cumprimento da legislação e a manutenção da qualidade da obra podem ficar comprometidas. Como estratégia para resolver este problema a empresa investe continuamente em gestão e capacitação.

- ***Análise da viabilidade técnica***

As informações utilizadas para a construção da viabilidade técnica foram obtidas a partir da aplicação da ferramenta alemã VDI 2221. Para cada função foi realizado o levantamento de alternativas que possam ser utilizadas na proposta como uma solução ou alternativa de trabalho. O mercado passou a dispor de um produto de baixo custo que atende as necessidades de obras de diversos perfis e que ainda possibilita o reuso de água e contribui para uma menor pressão sobre os serviços de saneamento básico. Destaca-se que o equipamento é automatizado, não requer mão de obra qualificada para operação, bem como não é necessário o acompanhamento de um operador durante todo seu período de funcionamento. Atualmente não existe disponível no mercado um produto com tais características que previne a poluição e reduz o consumo de recursos naturais. O equipamento desenvolvido pesa 400kg aproximadamente, 1,4m de largura, 0,7m de profundidade e 1,9m de altura, sendo um pouco maior que uma geladeira do tipo “side by side”.

- ***Análise da viabilidade econômico-financeira***

A análise da viabilidade econômica se dará pela economia gerada pela opção de utilização da água de reuso em relação à água fornecida pela concessionária e consequente economia gerada pela não destinação dos efluentes na rede pública de esgoto e assim não sendo necessário o pagamento da taxa de coleta, afastamento e tratamento do esgoto.

- ***Gestão do Processo de Inovação***

Na empresa todas as obras e setores estão envolvidos no desenvolvimento das inovações, sejam elas construtivas, que promovam as melhorias das condições de segurança ou que levem a prevenção da poluição e a economia de recursos, sempre com o foco na sustentabilidade e aumento da produtividade. Cada equipe de obra é composta, no mínimo, por um coordenador de obras, um engenheiro de produção com formação em engenharia civil, um técnico em segurança do trabalho e um assistente de gestão ambiental com formação em cursos ligados à área de engenharia,

saneamento ou gestão ambiental, além de uma equipe de profissionais técnicos como mestres de obras, encarregados de pedreiro, hidráulica, pintura e elétrica. As equipes das obras são apoiadas por departamentos da empresa como o planejamento, orçamento e engenharia, que possuem em seus quadros profissionais formados em engenharia civil, engenharia de produção, engenharia de segurança e saneamento ambiental.

Para o desenvolvimento de novos produtos a empresa usa o fluxo de fases. O método foi aplicado a partir do trabalho desenvolvido com este parceiro e utilização as ferramentas de desing do Consórcio Politécnico de Milão.

Objetivando garantir a originalidade do projeto foi realizada uma pesquisa de anterioridade que comprova que não há indícios de patentes registradas de processos e produtos similares a este.

Visando contribuir para a inovação e a criação de valor para o novo produto, foi utilizado o Business Model Canvas. Esta ferramenta serve para planejar e visualizar as principais funções de um negócio e suas relações. Ao fornecer uma visão holística e flexível do modelo de negócios, o Canvas auxilia nos processos de criação, diferenciação e inovação, aprimorando o modelo de negócios por meio do pensamento visual, visão sistêmica, cocriação, simplicidade e aplicabilidade.

Na definição das etapas para concretização do projeto e construção do protótipo foi utilizado o mapeamento de processos. Para tanto, antes foram levantadas as atividades que a empresa já realizava em seus canteiros de obras. Foi iniciado alguns testes para o desenvolvimento do sistema de tratamento de água de lavagem de equipamentos de pintura. Como existe a preocupação de recuperar a água de vários processos a empresa pensou em desenvolver um sistema que possa tratar a água de três origens do canteiro. Este sistema trata as águas de chuveiro, águas de limpeza de equipamentos de pintura e a água de lavagem dos caminhões betoneiras. Além disso, foi idealizado um sistema que pudesse ser deslocado para qualquer canteiro de obra e qualquer lugar dentro do canteiro de obras.

O mapeamento dos processos aliado a metodologia VDI 2221 proporcionou o controle das atividades a serem realizadas, definição de objetivos específicos, metas e indicadores de cada atividade.

PARTE 03 – RESULTADOS QUANTITATIVOS

Todos os objetivos/metas/indicadores definidos para o projeto pela equipe da empresa e do parceiro foram alcançados com sucesso. Os detalhamentos dos principais resultados quantitativos do projeto seguem discriminados:

- **Construção de um protótipo do equipamento idealizado**: A metodologia desenvolvida atendeu os objetivos do projeto. O tempo de tratamento do efluente é suficiente para manter sempre disponível um reservatório de água de reuso para as atividades do canteiro. Com a utilização desta máquina nos canteiros de obra é possível tratar 23.000 (vinte e três mil) litros de água semanalmente por obra. Isso significa que haverá, seguramente, a economia de consumo de água potável para os processos construtivos.

- **Validação da eficiência e eficácia do equipamento**: Após o desenvolvimento do protótipo, este foi testado no canteiro de obras e apresentou o resultado esperado e encontrado nos testes em laboratório. O efluente, após o tratamento, se tornou uma água límpida e transparente. A água de reuso proveniente do tratamento também foi analisada e comparada com a Resolução Conama 403/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes nos corpos hídricos. Os resultados da análise realizada demonstram que a qualidade da água tratada atende aos parâmetros da legislação ambiental para um curso hídrico classe 2, ou seja, o tratamento confere ao efluente o padrão de balneabilidade.

- **Gerenciamento adequado dos resíduos sólidos gerados no processo:** Os resíduos sólidos resultantes do processo de tratamento também foram analisados e classificados como não perigosos e inertes, comparados com a norma ABNT NBR10004:2004. Assim é possível descartar os resíduos do processo juntamente com os resíduos classe A da obra.

- **Verificação da viabilidade econômica do projeto:** Ao término do projeto, observou-se que além da factibilidade ambiental e técnica o projeto é economicamente viável. O tempo de retorno do investimento do custo do protótipo é de 2,1 anos e a economia conquistada com a água de reuso é de R$ 14,89 por metro cúbico. Ainda temos que considerar que se o equipamento for produzido em escala

industrial, o retorno do investimento pode reduzir consideravelmente, tendo em vista que todas as peças para montagem do mesmo foram adquiridas no varejo.

				Custo por m³	
Insumos	**Preço**	**Unidade**	**Rendimento após diluição (ml)**	**Consumo insumos (ml)**	**Custo com insumo por m³**
Alcalinizante	R$ 5,20	kg	2000	500	R$ 1,30
Coagulante	R$ 2,96	l	1000	400	R$ 1,18
Floculante	R$ 58,75	kg	500000	10000	R$ 1,18
	Custo médio do tratamento /m³				R$ 3,66
	Custo do m³ de água potável + coleta de esgoto e tratamento*				R$ 18,55
	Economia/m³				**R$ 14,89**

*Valores com base na Resolução Normativa nº 63/2016 da AGR

Fonte de água	**Custo estimado m³ de água**	**Custo com água em 1 ano (1200m³)**
Concessionária	R$ 18,55	R$ 22.260,00
MiniETE	R$ 3,66	R$ 4.390,80
Economia anual		**R$ 17.869,20**

PARTE 04 - RESULTADOS QUALITATIVOS

- **Estabelecimento das condições necessárias para o tratamento dos efluentes conforme objetivo geral do projeto**: Os resultados alcançados, consistiram em conhecer todas as características físico-químicas do efluente bruto, bem como os teores de metais pesados presentes no mesmo. Foi desenvolvida e avaliada uma metodologia de tratamento que possibilitasse o reuso não potável sem oferecer qualquer tipo de risco aos colaboradores.

- **Teste da viabilidade de aplicação da água de reuso no canteiro de obras:** Todos os usos propostos para a água de reuso foram testados, sendo eles, produção de argamassas, cura e limpeza de lajes, limpeza de ferramentas e até mesmo

irrigação de jardins. Não foram verificados prejuízos aos processos devido a escolha de água não-potável.

- **Garantia da originalidade do projeto proposto**: Foi realizado o depósito da patente do projeto e aguarda-se a obtenção da mesma.

- **Divulgação dos resultados do projeto e importância da inovação**: Foram realizadas campanhas de sensibilização com os colaboradores do canteiro de obras, objetivando conscientizá-los do uso racional da água, mesmo considerando o reuso desta. As ações foram voltadas a mudança do hábito de consumo em suas residências e no canteiro de obras. Esta ação contribuiu para que a empresa recebesse um prêmio nacional de destaque promovendo maior visibilidade ao projeto. A equipe responsável pelo desenvolvimento do projeto também participou de uma conferência nacional, sendo eleito um dos 33 cases de sucesso em inovação no Brasil no ano de 2015. O projeto também vem sendo divulgado amplamente pela mídia de forma espontânea.

PARTE 04 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto de inovação idealizado é sustentável, oferece uma solução economicamente viável, com alcance social e contribui significativamente para redução dos impactos ambientais da indústria da construção civil, menor pressão sobre os serviços de saneamento básico, no que se refere aos aspectos de consumo de água e geração de efluentes líquidos e esgoto.

É necessário ressaltar também, que a inovação promove a quebra de paradigmas e o pensamento de industrialização dos processos dentro do canteiro de obras, com a busca por soluções ambientalmente seguras que promovem a redução dos impactos ambientais do setor, melhoria da produtividade e geração de um ambiente mais seguro aos colaboradores.

As ferramentas empregadas para o desenvolvimento do projeto contribuíram indiretamente para que a equipe de gestão da obra visualizasse meios para melhoria da produtividade em outras atividades e ainda o exemplo que a empresa oferece aos colaboradores, ao se preocupar com a temática central do projeto, os inspiram à mudança de comportamento dentro e fora dos tapumes da obra.