

Projetos Prêmio AEA de Meio Ambiente ESG 2022

USO DE ÁGUA RESIDUAL DA LAVAGEM DE CAMINHÕES BETONEIRA PARA CONFECCÃO DE CONCRETO

Jeison Feltes, Daiana Cristina Metz Arnold, Adriana Teresinha da Silva Dutra

Universidade Feevale

RESUMO

A água é um recurso natural cada vez mais escasso, devido à poluição de mananciais e rios, principalmente por alguns setores da indústria, com alto consumo e desperdício deste recurso. Neste sentido, a construção civil, que é um dos principais setores industriais, se destaca pelo elevado consumo de água potável, principalmente na produção de concretos e argamassas. Estes materiais são produzidos, em grande parte, pelas empresas centrais dosadoras de concreto, que necessitam do uso de água potável no processo produtivo, além da utilização da mesma na lavagem dos caminhões betoneiras, responsáveis pelo transporte dos materiais das empresas até o local de emprego dos mesmos.

Desta forma, há geração de resíduos, oriundos da etapa de lavagem dos caminhões betoneiras e que demandam tratamento preliminar da água residual, antes da deposição em algum corpo hídrico, minimizando os impactos ao meio ambiente. Assim, buscando minimizar a problemática ambiental, surge a alternativa de reutilização da água residual oriunda das centrais de concreto na reincorporação para a produção de novos concretos. Neste sentido, o presente trabalho trata-se de um estudo, onde foram avaliadas as possibilidades de reutilização desse resíduo em uma central dosadora de concreto localizada no Vale dos Sinos/RS, através da elaboração de *layout* de tanques que permitiram a coleta e tratamento da água residual, visando a implantação da mesma na etapa de confecção de novos concretos.

Aplicabilidade

Desenvolvimento de um *layout* para implementação de tanques de reuso da água, proveniente da lavagem de caminhões de uma empresa central dosadora de concreto.

Objetivo

O objetivo desse estudo é analisar a operação de uma empresa central dosadora de concreto, verificando os principais pontos de descarte da água residual, proveniente da lavagem dos caminhões betoneiras, e elaborar um *layout* de implantação de tanques de coleta e tratamento desse resíduo com a finalidade de reutilizá-la no preparo de novos concretos.

1. Introdução

A água, segundo [1], é essencial para a vida, pois todos os organismos vivos dependem dela para a sobrevivência. [2] afirma que, com a passagem dos séculos, o aumento populacional e a má administração em relação ao uso da água foram os responsáveis pela redução da disponibilidade desse recurso, trazendo muitos problemas de escassez. De acordo com [3], o abastecimento de recursos hídricos disponíveis foi consumido pela população, fazendo com que mais de 262 milhões de pessoas, de 26 países, fossem incluídas em uma classe de área com carência de água. A estimativa da Organização das Nações Unidas [4] foi que, no ano de 2017, cerca de um bilhão de pessoas careceram de abastecimento de água suficiente.

O setor da construção civil está entre os maiores consumidores de água potável do mundo, principalmente para a produção de concreto. Além disso, também utilizam esse recurso natural para a lavagem dos caminhões betoneira. Com isso, grande parte dessa água acaba se tornando um resíduo, com diversos poluentes, que não pode ser descartada sem um devido tratamento. Algumas centrais dosadoras de concreto, de maneira geral, não possuem um sistema eficiente capaz de tratar esse efluente para que esse seja direcionado para algum curso de água. Como é alto o volume de geração desse resíduo, o descarte correto acaba sendo oneroso para a empresa [5].

Considerando a problemática enfrentada pelas empresas desse segmento, buscou-se neste estudo apresentar as diretrizes de implantação de um sistema de tratamento da água residual gerada a partir da lavagem dos caminhões betoneiras em uma empresa dosadora de concreto de concreto da região do Vale do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, capaz de coletar, tratar e transportar a água para a produção de novas matrizes cimentícias.

Inicialmente, foi realizado uma pesquisa, a partir de levantamentos em centrais dosadoras de concreto da região do Vale do Rio dos Sinos/RS, para analisar quais delas possuem um sistema de tratamento e reutilização de água, além de verificar como esse ciclo funcionava. Também foi realizado um levantamento bibliográfico com a finalidade de obter os subsídios necessários para dar continuidade ao estudo.

Na empresa selecionada para esse trabalho, foram realizadas medições dos espaços físicos disponíveis e o levantamento dos dados necessários para o dimensionamento dos tanques de tratamento da água residual. Com base nesses dados, elaborou-se um *layout* detalhando a implantação desse sistema.

Com base nos conceitos de escassez de água potável e de reutilização de água residual, juntamente com a preocupação em relação ao alto volume consumido deste recurso no ramo da construção civil, esse estudo analisa a possibilidade de reaproveitar a água residual de uma central dosadora de concreto. Para a implementação do projeto, é necessária a construção de tanques com a função de coleta e tratamento dos efluentes. A água que chega ao tanque com resíduos cimentícios passa pelo processo de decantação e volta a ser utilizada no ciclo de produção de novos concretos. Esse procedimento busca uma redução considerável nos impactos ambientais, através da diminuição do consumo de água tratada, recurso natural esgotável, e do descarte inadequado no meio ambiente.

2. Impactos do Consumo dos Recursos Naturais na Construção Civil

O crescimento populacional e a necessidade de suprir as demandas da população, principalmente no setor industrial e agrícola, são os responsáveis pela degradação das fontes de água [1]. [6] destacam que a água potável está cada vez mais escassa em países desenvolvidos e possui um alto custo nos países que buscam o desenvolvimento. Isso se deve ao fato da rápida industrialização e aumento da população. Além disso, a geração de água residual também está ligada a esses fatores.

De acordo com [7], o crescimento populacional fomenta o avanço do setor da construção civil, uma vez que há o aumento das obras de habitação e infraestrutura. Em contrapartida, esse mercado, de acordo com [8], é um dos grandes consumidores de recursos naturais, atuando diretamente no meio ambiente, capaz de gerar impactos ambientais consideráveis e a água é um dos principais recursos consumidos por esse ramo, pois é essencial para a produção do concreto.

Segundo [9], as principais atividades de uma central dosadora de concreto possuem uma demanda considerável de água potável e geram um volume proporcional de água não potável. Por consequência, essa água residual gerada, de acordo com [10], contribui para a degradação do meio ambiente.

2.1 Resíduos

Os resíduos gerados a partir da produção de concreto são classificados por [11] como materiais perigosos e corrosivos, e podem causar danos ambientais se não forem destinados corretamente, devido ao pH elevado e a presença de metais pesados. As origens principais dos resíduos líquidos gerados nas centrais dosadoras de concreto, conforme [12], são os da lavagem interna dos caminhões betoneiras, a lavagem do pátio da empresa e a devolução de concreto fresco não utilizado na obra. Além desses, também há os resíduos sólidos, proveninetes dos corpos de provas de concreto, que são utilizados em ensaios comprobatórios de resistência à compressão no controle tecnológico do concreto.

Conforme [13], os resíduos líquidos das centrais dosadoras de concreto são compostos principalmente de água, com uma proporção variável de agregados finos e aditivos químicos e este produto pode ser denominado como água residual. Esse rejeito é alcalino e perigoso para ser destinado aos aterros sanitários, tornando uma opção insustentável. Para [9] e [6], por questões ambientais, a água proveniente de lavagem de caminhão betoneira das centrais dosadoras de concreto não podem ser descartadas como efluente, sem passar por algum tipo de tratamento. Além disso, esse processo torna-se oneroso para a empresa.

Segundo [5],[14],[15],[16] e [17] apresentam estudos onde um dos meios encontrados é a reutilização da água residual, com processo de tratamento realizado pela própria central dosadora de concreto, que busca, através de alguns procedimentos, reciclar a água e reutilizá-la em outras atividades dentro da própria empresa, até mesmo no emprego de novos concretos. De acordo com [17], a reutilização da água residual na fabricação de concreto, contribui com a redução do consumo de água potável. Além disso, ocorre uma correta destinação para esse resíduo, reduzindo os danos ambientais.

2.2 Uso de Água em Central Dosadora de Concreto

Para [18] e [19] a produção de 1 m³ de concreto em uma central dosadora de concreto são consumidos aproximadamente 200 litros de água potável, somente como água de amassamento, que é o processo onde a água utilizada para juntar todos os outros componentes da mistura.

Todavia a quantidade de água utilizada para a lavagem dos caminhões betoneiras é muito variada, pois depende de alguns fatores, como as condições em que os veículos estão e como a limpeza é realizada, pois esta etapa é desenvolvida de forma manual. Neste sentido, a Tabela 1 apresenta o consumo médio de água utilizada para essa atividade, conforme alguns autores.

Tabela 1 – Quantidade de água utilizada para a lavagem de um caminhão betoneira

Autor	Quantidade de água utilizada
Sandrolini e Franzoni (2001)	0,7 a 1,3m ³
Ekolu e Dawneerangen (2010)	0,5 m ³
Vieira (2010)	0,8 m ³
Tsimas e Zervaki (2011)	1,5 m ³
Oliveira et al. (2017)	0,8 m ³

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Observa-se na Tabela 1 variação entre as quantidades de água utilizada para a lavagem dos caminhões betoneiras, isto se deve a não distinção, por meio dos autores, de qual o tipo de lavagem realizada, podendo ser apenas a limpeza parcial dos veículos, como a calha e o funil, ou a limpeza total, que envolve todo o caminhão, inclusive a parte interna do tanque misturador.

A água residual de uma empresa dosadora de concreto é composta, segundo [20], por água, agregado com partículas finas e grossas, cimento e

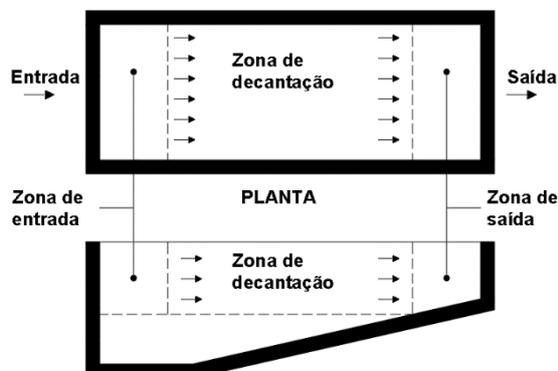
aditivo. Os minerais encontrados nas amostras desse resíduo, de acordo com [21], são os mesmos presentes no cimento e, por já estarem hidratadas, atuam no preenchimento dos vazios, melhorando o empacotamento e a resistência à compressão. [6] destacam que para a reutilização na produção de matrizes cimentícias, esse resíduo deve estar limpo e livre de óleo, ácidos, álcalis, matéria orgânica e outras substâncias nocivas ao concreto.

Os sistemas de tratamento de água são definidos por [3] como uma sequência de operações e processos estabelecidos através de características do líquido a ser tratado, objetivo do tratamento e capacidade de remoção de cada processo unitário. De acordo com [22], para reduzir a quantidade de partículas sólidas suspensas na água é necessário deixá-las decantar por um determinado tempo, para que estas sejam sedimentadas no interior do recipiente em que estão. Essa decantação pode ser simples, a fim de remover os fragmentos maiores ou por processo químico para retirar os grãos mais finos.

[23] reconhecem que os critérios empíricos eram as bases para os projetos de estações de tratamento de água. O dimensionamento dos decantadores é um exemplo, pois era baseado no tempo de detenção das partículas sólidas. Por fim, o resultado do processo de decantação é a água decantada, que é aquela que está purificada após passar pelo processo de separação das partículas sólidas, com o auxílio da gravidade, pois o peso específico aparente da partícula é superior ao da água [22].

Nas centrais dosadoras de concreto, [13], o sistema mais comum é o de tanques de decantação, pois não necessita de processos químicos para separar a água das partículas sólidas. Em estudo de caso, [14] apresentam o sistema denominado Bate Lastro, que é uma sequência de tanques de decantação. Sendo assim, a água da lavagem dos caminhões betoneiras acessa os tanques, que são construídos em alvenaria e, através de um sistema de chicanas, passa de uma câmara para outra, deixando no tanque anterior os materiais sólidos decantados por gravidade. De acordo com [22], o mais clássico sistema de decantadores é o horizontal, conforme pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Decantador horizontal clássico de efluentes, semelhante aos utilizados pelas centrais dosadoras de concreto



Fonte: Vianna (1992)

O decantador horizontal apresentado por [22] consiste em um tanque retangular, com zonas de entrada, decantação e saída do efluente. O fundo desse sistema deve ser ascendente, de modo que as partículas sólidas não

cheguam ao ponto de saída. Entretanto, de acordo com [5], no caso das centrais dosadoras de concreto, o sistema utilizado é semelhante, mas sofre algumas alterações, devido ao processo de limpeza, que deve ser feito com maior frequência, por causa da quantidade de lodo gerado.

O autor [24] apresenta um estudo de reuso de água e de resíduos gerados pela lavagem dos caminhões betoneiras em uma central dosadora de concreto. Na Figura 2 podem ser vistos os tanques de decantação analisados pelo autor, compostos por decantadores semelhantes aos horizontais clássicos, que recebem a água residual desse processo.

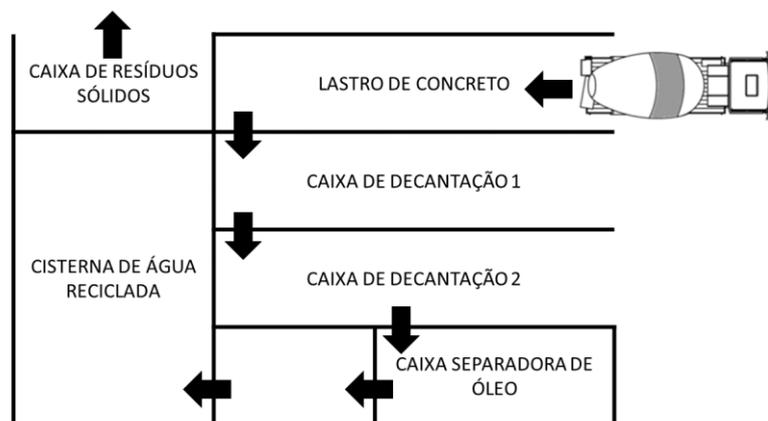
Figura 2 - Tanques de decantação de empresa central dosadora de concreto, analisada por Malaguti (2016)



Fonte: Malaguti (2016)

O processo de decantação da água residual estudado por [24] é apresentado esquematicamente na Figura 3. Nele pode ser visto que no “lastro de concreto” é depositada a água de lavagem dos caminhões betoneiras, que passa por dois decantadores e pela caixa separadora de óleo. Outras duas caixas fazem parte desse processo, que é a de resíduo sólido, que recebe o lodo depositado no fundo dos decantadores e a cisterna de água reciclada, que armazena a água residual tratada.

Figura 3 - Modelo de processo de decantação da água reciclada de lavagem de caminhão betoneira



Fonte: Adaptado de Malaguti (2016)

Os autores [14] afirmam que o sistema de tratamento de água é eficiente e diminui os efeitos nocivos causados pelo descarte de resíduos da lavagem de caminhão betoneira. Além disso, é economicamente viável, pois reduz o consumo de água potável nas indústrias centrais dosadoras de concreto, pois

aplica o conceito de reuso, recolocando o resíduo tratado novamente no processo produtivo e ainda faz com que a empresa tenha uma consciência ambiental, em relação às normas referentes ao tratamento desse resíduo. É importante ressaltar que, de acordo com [15], o tipo de tratamento da água residual de uma indústria central dosadora de concreto depende muito da atividade em que esse resíduo tratado será reutilizado, que geralmente é em alguma operação que não necessite de água potável.

Em se tratando de centrais dosadoras de concreto que não possuem um sistema eficiente de tratamento da água residual e não fazem a reutilização desse efluente, pode-se dizer que estas possuem um ciclo de vida denominado por [25] como “berço ao túmulo”, onde a empresa é responsável por garantir a sustentabilidade do produto desde a produção até a geração do resíduo, com seu tratamento, ou seja, nesse fluxo acontece a geração da água residual nas duas etapas de lavagem do caminhão betoneira e esse efluente não volta para o ciclo de produção. Para as centrais dosadoras de concreto que trabalham dessa forma, há um custo para o tratamento terceirizado do resíduo.

Por outro lado, conforme é apresentado por [24] e [5] em estudo de caso, a empresa pode realizar o tratamento da água residual dentro de suas próprias dependências, reutilizando a água reciclada no processo de produção de novos concretos, reduzindo assim os impactos ambientais e os custos com esse tipo de tratamento. Além disso, esse procedimento é sugerido pela Lei 12.305 [26], que promove o aproveitamento de resíduos, direcionando-os para a sua ou para outras cadeias produtivas, onde a água residual é redirecionada para a produção de novos concretos.

3. Metodologia

O presente trabalho consiste em uma pesquisa de natureza aplicada, com método científico dedutivo. O objetivo desse estudo é de caráter exploratório e os procedimentos técnicos utilizados basearam-se em pesquisas bibliográfica e documental, levantamentos e estudo de caso. As abordagens realizadas foram tanto qualitativas como quantitativas.

O trabalho está baseado em um estudo de caso de uma central dosadora de concreto (Empresa A), localizada uma cidade do Vale dos Sinos, no Rio Grande do Sul e esta vem enfrentando alguns problemas ambientais, em função da quantidade de água residual gerada, através da lavagem dos caminhões betoneira e da não reutilização desse resíduo, que também causa um efeito financeiro negativo para a empresa.

3.1 Visitas

Em um primeiro momento, foram realizadas visitas na empresa selecionada para esse estudo, onde foi elaborado o levantamento de dados sobre a situação atual da mesma. No local, como é apresentado na Figura 4, já existe um espaço que recebe a água residual gerada, insuficiente para a demanda da empresa e não é feito o reaproveitamento desse resíduo. Nessa

área foram realizadas medidas de dimensões para verificar a possibilidade de implantação do novo sistema de coleta e tratamento da água residual.

Figura 4-Tanques de coleta da água residual existente na Empresa A



Fonte: Autores (2018)

Foi realizado um levantamento de dados para verificar a quantidade de água potável consumida e o volume de resíduo gerado, que serviu de base para a etapa de dimensionamento dos tanques. Esse procedimento foi realizado através do acompanhamento das lavagens dos caminhões betoneira, que ocorreu em seis dias, com turnos e horários aleatórios. As lavagens acontecem em quatro momentos: na saída do caminhão da central dosadora para a entrega do concreto (Ponto 1), no retorno do caminhão (Ponto 1) e na lavagem final, que é dividida em duas etapas: lavagem na rampa da parte inferior (Ponto 2) e lavagem da parte superior (Ponto 3), conforme Figura 5. Em cada um desses locais há uma vazão diferente de água.

Figura 5 – Pontos das lavagens dos caminhões betoneiras da Empresa A



Fonte: Fornecido pela Empresa A (2018)

Diante deste cenário, em cada um desses pontos, encheu-se um recipiente com capacidade de 100L de água e o tempo foi controlado. Para descobrir a vazão (Q em m^3/s) naquele ponto, foi utilizada a razão entre V que é o volume (m^3) e t que é o tempo (s). Esse procedimento foi realizado três vezes em cada um dos pontos, para se obter a melhor média dos valores encontrados.

Após a última entrega de concreto realizada pelo caminhão betoneira, é necessário fazer a lavagem final, para que este seja direcionado à garagem e esteja pronto e limpo para o próximo dia. Esse processo é realizado em três etapas. Primeiro é colocado no Ponto 1, onde é adicionado cerca de 2.500kg de

agregado graúdo. O tanque misturador é acionado e o material inserido faz a limpeza interna. Em seguida esse material é descartado, com a ajuda de cerca de 200 litros de água.

Depois do descarte, o caminhão betoneira segue para o Ponto 2, onde é posicionado em uma rampa e é realizada a lavagem da parte inferior, retirando todas as impurezas presentes. Para finalizar o processo de lavagem, o veículo é deslocado para o Ponto 3, onde é realizada a limpeza final. Nesse local, a cabine, o tanque misturador e as calhas recebem atenção especial para a eliminação do acúmulo de resíduos.

Com esse levantamento de consumo de água potável para a lavagem dos caminhões betoneira e os cálculos de consumo de água e geração de água residual foi possível iniciar o processo de elaboração de *layouts*. Depois de ser elaborado o último *layout*, demarcou-se o local onde devem ser instalados os decantadores e reservatórios.

Após a demarcação final, foram realizadas manobras com os caminhões da empresa, simulando o uso dos reservatórios. A carregadeira foi posicionada na parte frontal e um caminhão betoneira foi colocado no ponto de descarga de cimento, para analisar a logística quando o sistema for instalado na empresa. A partir disso, houve a continuidade do estudo com a coleta da água e produção de concreto.

3.2 Estudo do Tanque

A análise dos tipos de tanques foi uma das etapas necessárias para cumprir o objetivo de elaborar um *layout* com reservatórios de coleta e de tratamento da água residual. O volume de resíduo gerado foi determinado através do acompanhamento da lavagem dos caminhões betoneiras da empresa e medido no tanque de coleta já existente. Para esse volume, foi estimado um valor aproximado, que serviu de base para o dimensionamento do novo tanque.

Para o dimensionamento do tanque, foram realizadas as visitas, onde foi feito um estudo no local, analisando as características particulares da empresa, juntamente com o responsável técnico designado pela empresa, como a área disponível para implantar o sistema e o volume de geração de resíduo.

Realizou-se estudo aprofundado na literatura, com o foco principal nos tipos de tanques de decantação utilizados em centrais dosadoras de concreto. Como a empresa não possuía um controle do consumo de água para a lavagem dos caminhões betoneiras, foi necessário fazer um levantamento no local para determinação do tempo gasto na lavagem e, a partir da vazão de água consumida, foi possível calcular o consumo de água potável utilizado para esse serviço.

A partir do levantamento de dados da empresa, verificou-se a área disponível para esse estudo e o volume de resíduo gerado. A partir disso, foi realizado o dimensionamento dos tanques de coleta e tratamento da água residual, embasado em estudo na literatura, apresentado no Capítulo 2.4. Além

disso, o projeto baseou-se em sistemas de tratamento já existentes em empresas desse segmento, que foram analisadas a partir de visitas técnicas. Com a definição do tipo de tanque necessário e baseado no dimensionamento, utilizaram-se os *softwares*, como o *AutoCAD*[®] e *SketchUp*[®], para a elaboração de quatro *layouts*. Com a opinião e sugestão do engenheiro da empresa, os croquis foram melhorados e aprimorados.

4. Resultados

Para atender o objetivo de analisar os dados da empresa em relação ao consumo de água potável e o descarte da água residual, foi necessário fazer um acompanhamento da produção de concreto e das lavagens dos caminhões betoneiras, já que a Empresa A não possui esse controle através de hidrômetros

Para isso, calculou-se a vazão nos três pontos de lavagens já citados na Figura 5 e os resultados encontrados foram de 0,55 L/s no Ponto 1, onde ocorre a produção do concreto, 0,32 L/s no Ponto 2, onde é feita a lavagem completa do caminhão no fim do dia e 0,29 L/s no Ponto 3, onde é finalizada a limpeza dos veículos. Após isso, foi acompanhado o tempo para lavagem dos caminhões betoneira nesses pontos. A Tabela 2 apresenta os valores de tempo de utilização do lava jato nos três pontos.

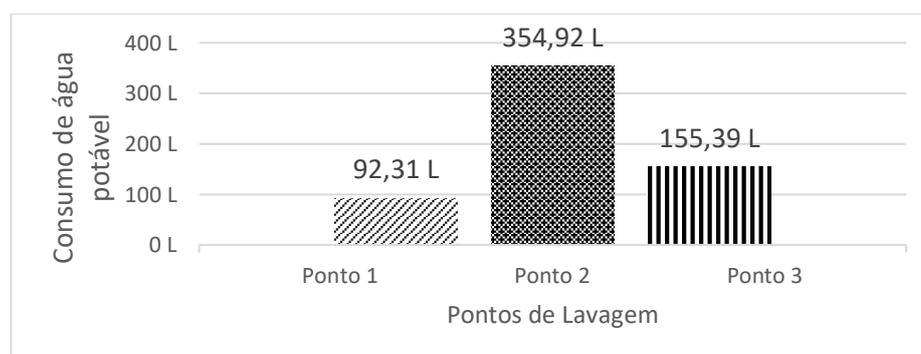
Tabela 2 - Controle de tempo de utilização da água potável para a lavagem dos caminhões betoneira nos Pontos 1, 2 e 3 da Empresa A

	Controle 1	Controle 2	Controle 3	Controle 4	Controle 5	Média
Ponto 1	183s	248s	81s	211s	116s	168s
Ponto 2	1.042s	1.170s	1.143s	-	-	1.118s
Ponto 3	443s	632s	525s	-	-	533s

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Com o tempo médio de cada ponto, foi calculado, com a Equação 1 o volume de água consumido para a lavagem de um caminhão betoneira em cada um dos três pontos. Os resultados são apresentados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Consumo de água potável para a lavagem de um caminhão betoneira em cada um dos três pontos de lavagem da Empresa A



Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Como pode ser visto no Gráfico 1, o Ponto 2 é o que mais consome água (354,92L). Esse volume consumido pode estar ligado ao tipo de lavagem executada nesse local, pois é nele que o caminhão betoneira é lavado por completo, com o uso de produtos químicos para a retirada de graxa e resíduos cimentícios ainda presentes nas partes do veículo.

Além do cálculo de consumo de água potável para a lavagem dos caminhões betoneiras nos três pontos, foi feita uma análise, através do controle de produção da Empresa A, a fim de descobrir o volume médio gasto de água para essa atividade. Para isso, a empresa disponibilizou a planilha de produção do mês de fevereiro de 2018. Na planilha foi verificado para cada dia do mês, quantos caminhões foram utilizados e quantas vezes este passou pelo processo de lavagem durante a produção de concreto (Ponto 1) e pela quantidade de veículos utilizados verificou-se a quantidade de lavagens finais (Pontos 2 e 3). A Tabela 3 apresenta a quantidade de lavagens realizadas por semana, do referido mês.

Tabela 3 - Quantidade semanal de lavagem de caminhão betoneira na Empresa A

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Total
Ponto 1	27	66	58	63	34	248
Ponto 2	10	20	23	21	12	86
Ponto 3	10	20	23	21	12	86

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Com o conhecimento das quantidades de vezes que o caminhão betoneira foi lavado em cada um dos pontos, foi possível calcular o consumo de água para essa atividade. A Tabela 4 apresenta o controle de lavagem dos caminhões betoneiras no Ponto 1. Onde os veículos são lavados na saída e no retorno à empresa.

Tabela 4 – Controle de lavagem dos caminhões betoneira e consumo de água no Ponto1

	Nº de Lavagens	Consumo por Lavagem (m³)	Consumo de água (m³)	Consumo Total (m³)
Semana 1	54		4,98	
Semana 2	132		12,18	
Semana 3	116	0,0923	10,71	45,78
Semana 4	126		11,63	
Semana 5	68		6,28	

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Pelo que pode ser observado com esses resultados, a Empresa A possui um consumo de 45,78m³ de água potável para a lavagem dos caminhões betoneiras somente no Ponto 1. O controle de lavagem final dos caminhões

betoneiras no Ponto 2, que é realizada sempre no final do expediente e o consumo de água são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Controle de lavagem dos caminhões betoneira e consumo de água no Ponto2

	Nº de Lavagens	Consumo por Lavagem (m ³)	Consumo de água (m ³)	Consumo Total (m ³)
Semana 1	10		3,55	
Semana 2	20		7,10	
Semana 3	23	0,3549	8,16	30,52
Semana 4	21		7,45	
Semana 5	12		4,26	

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Verifica-se que o consumo total de água potável no Ponto 2 é de 30,52m³. Esse consumo de água está relacionado com a quantidade de tempo necessária para a lavagem e limpeza mais profunda dos veículos. Já a Tabela 6 apresenta o controle de lavagem no Ponto 3, onde é realizada a lavagem final dos caminhões betoneiras antes de serem direcionados à garagem.

Tabela 6 - Controle de lavagem dos caminhões betoneira e consumo de água no Ponto3

	Nº de Lavagens	Consumo por Lavagem (m ³)	Consumo de água (m ³)	Consumo Total (m ³)
Semana 1	10		1,55	
Semana 2	20		3,11	
Semana 3	23	0,1554	3,57	13,36
Semana 4	21		3,26	
Semana 5	12		1,86	

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Nota-se que com os valores apresentados anteriormente, o Ponto 3 é o que menos consome água potável dentro da empresa, com um consumo total mensal de 13,36m³. A Tabela 7 apresenta um resumo do consumo de água em cada um dos três pontos de lavagem dos caminhões betoneiras da Empresa A.

Tabela 7 - Resumo do consumo de água utilizada mensalmente para a lavagem dos caminhões betoneiras da Empresa A nos três pontos

	Nº de Lavagens	Consumo por Lavagem (m ³)	Consumo Total (m ³)
Ponto 1	496	0,0923	45,78
Ponto 2	86	0,3549	30,52
Ponto 3	86	0,1554	13,36

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Observa-se, através dos resultados apresentados na Tabela 7, que o Ponto 1 é o que possui um maior consumo de água. Apesar desse ponto apresentar um menor consumo por lavagem, este é o que mais vezes acontece essa atividade, pois cada vez que o caminhão betoneira sai da empresa e retorna, passa por esse processo, obtendo um alto número de lavagens, se comparado aos outros pontos. O Ponto 3 é o que possui o segundo maior volume consumido por ser o local onde a limpeza dos veículos é mais rigorosa no fim de cada dia.

Também foi analisado o consumo de água utilizado para a produção de concreto. Para essa atividade, utilizou-se para o cálculo a quantidade de 120L de água por metro cúbico de concreto produzido (dado médio fornecido pela Empresa A). Esses valores de consumo podem ser visualizados na Tabela 8.

Tabela 8 - Consumo semanal de água potável para a produção de concreto na Empresa A

	Volume de concreto (m ³)	Volume de água (m ³)	Volume Total de água (m ³)
Semana 1	165,00	19,80	
Semana 2	372,50	44,70	
Semana 3	341,00	40,92	173,00
Semana 4	354,50	42,54	
Semana 5	209,00	25,08	

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Percebe-se, através da Tabela 8, que a Empresa A consumiu 173m³ de água para a produção de concreto no mês de fevereiro de 2018. Conhecendo o consumo de água em todas as etapas, a Tabela 9 exhibe o resumo dos valores totais de gasto mensal de água.

Tabela 9 – Resumo do consumo mensal com água potável na Empresa A para a produção de concreto e a lavagem dos caminhões betoneiras

	Consumo (m ³)	Total (m ³)
Produção de Concreto	173,04	
Lavagem - P1	45,78	262,71
Lavagem - P2	30,52	
Lavagem - P3	13,36	

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

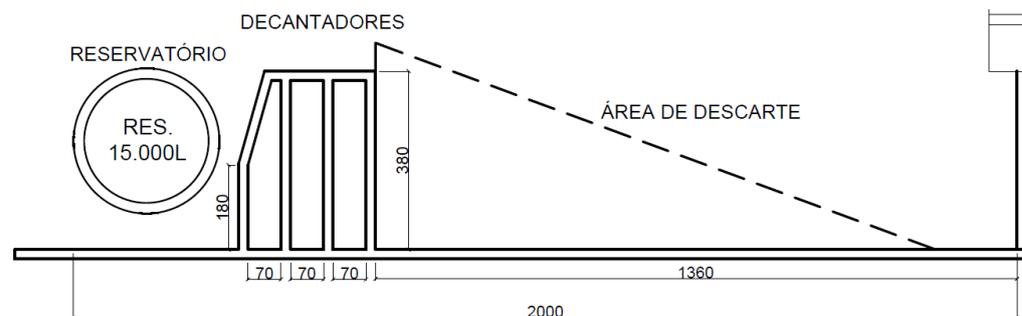
O volume total de água utilizada para a lavagem dos caminhões betoneiras nos três pontos e a produção de concreto é de 262,71m³. Somente para o processo de lavagem, a Empresa A consome mensalmente 89,66m³ de água potável.

4.1 Layout

Com base no levantamento de dados, foram dimensionados os tanques de decantação. A partir de um estudo inicial, foram projetados quatro modelos desse sistema de tratamento em *software*, que foram apresentados para a Empresa A como sugestão de como devem ser os tanques de decantação e o sistema de bombeamento da água residual para recolocar esse resíduo no processo de confecção do concreto.

Inicialmente foi criado o *layout* de como é a situação atual da empresa, como pode ser visto na Figura 6, com uma área de descarte, onde é descartado o resíduo, três tanques decantadores e um reservatório de 15.000L (15m³).

Figura 6 - Layout da situação atual da Empresa A



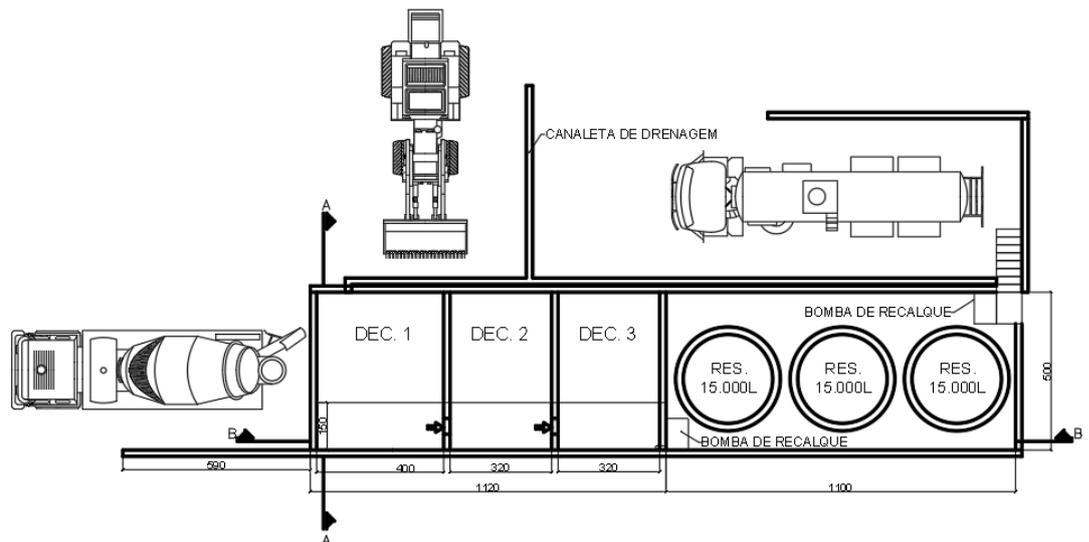
Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Nesse caso, a quantidade de resíduo gerado pela empresa através do processo de lavagem dos caminhões betoneira é superior à capacidade do tanque de coleta existente no local. A profundidade dos tanques é de 60cm e o volume de armazenamento é de 4,37 m³, ficando com uma capacidade total de 19,37 m³, contando com o reservatório. Mesmo com o reservatório, o sistema atual da empresa não é capaz de coletar a quantidade semanal de geração de água residual, que é de 22,39 m³ em média. Por isso, fez-se necessário o estudo para implantar um novo sistema de tanques de coleta e decantação na Empresa A.

Seguindo os princípios do decantador horizontal clássico, apresentado na Figura e das visitas realizadas nas centrais dosadoras de concreto do Vale dos Sinos/RS, optou-se por um modelo de tanque de coleta e decantação. Esse modelo segue o que é mais utilizado pelas empresas centrais dosadoras de concreto visitadas e encontradas na literatura, como [24] e [13].

A Figura 7 apresenta o *layout* ideal à empresa A. Nesse modelo, composto por três câmaras de decantação, a largura do decantador primário é de 4,00 m. Já os decantadores 2 e 3 possuem 3,20 m cada um. O primeiro foi dimensionado com dimensões superiores, pois é o que recebe a maior parte das impurezas vindas da lavagem dos caminhões betoneira da empresa. Além disso, foram colocados próximo ao sistema três reservatórios que são responsáveis por armazenar a água reciclada, com capacidade de 15m³ cada um.

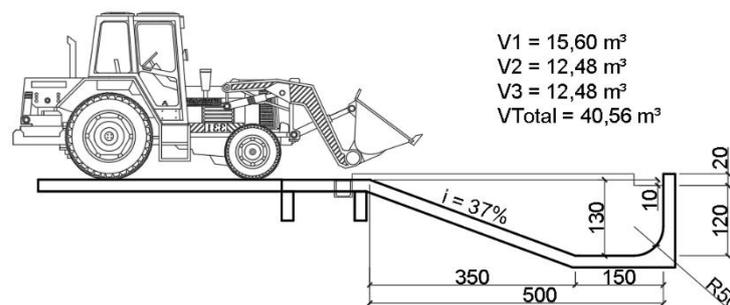
Figura 7 –Layout final proposto para a Empresa A



Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

O Corte AA dos decantadores é apresentado na Figura 8. Nesse modelo, foram alteradas as dimensões de profundidade do tanque, com a finalidade de facilitar a limpeza, conforme solicitado pelo responsável da Empresa A. Com isso, a altura interna é de 1,20 m e a inclinação da rampa de 37%. Outra solicitação foi a de não fazer o encontro do fundo com a parede com 90°, ficando com um arredondamento de 50°. Como o decantador nº 1 possui uma largura de 4,0m, seu volume máximo é de 15,6m³, enquanto os de nº 2 e 3, com 3,20m de largura, possuem uma capacidade de 12,48m³ cada.

Figura 8 - Corte AA dos decantadores



Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Com essas dimensões, o volume total dos decantadores é de 40,56m³. Para que essa quantidade água residual tratada seja armazenada, optou-se em adicionar três reservatórios de 15.000L. Sendo assim, o volume total do sistema é de 85,56m³, havendo água suficiente para a demanda solicitada pela empresa durante duas semanas.

Esse dimensionamento foi realizado levando em consideração o volume de água utilizada na produção da empresa e no processo de lavagem dos caminhões betoneiras, conforme pode ser visto na Tabela 10.

Tabela 10 - Volume de consumo de água para a produção e lavagem dos caminhões betoneira da Empresa A

	Produção (m ³)	Lavagem (m ³)
Semana 2	44,70	22,39
Semana 3	40,92	22,44
Semana 4	42,54	22,34
<i>Total</i>	128,16	67,17
<i>Média semanal</i>	42,72	22,39

Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

Para esse cálculo, foram utilizadas apenas as semanas 2, 3 e 4, com cinco dias de atividade da empresa, de segunda a sexta-feira, pois a primeira semana correspondeu a dois dias e a última semana foi três dias. Na Tabela 10 observa-se que a média de água consumida pela empresa para a produção do concreto é de 42,72m³, ou seja, são necessários três reservatórios de 15.000L para atender essa demanda. Por sua vez, o processo de lavagem utiliza, em média, 22,39m³ de água por semana.

Sabendo que os três tanques de decantação, conforme a Figura 8, possuem uma capacidade total de 40,56m³, são necessárias duas semanas de lavagens para completá-los. Além disso, para encher os três reservatórios de armazenamento também é preciso de duas semanas de atividades. Com isso, para o sistema estar completo pela primeira vez, a empresa deve coletar a água residual durante quatro semanas (um mês).

Após a implantação do sistema e do início de sua utilização, são necessários intervalos de duas semanas sem produção do concreto com a água residual, pois o consumo para a produção é praticamente o dobro da capacidade de geração do resíduo. Ou seja, a empresa consome por semana uma média de 42,72m³ de água para a produção, enquanto isso a geração do resíduo de lavagem é de 22,39m³. Após a escolha do *layout* ideal para a Empresa A, foi confeccionado um modelo tridimensional em *software*, conforme representa a Figura 9.

Figura 9 - Modelo tridimensional do *layout*



Fonte: Elaborado pelos autores (2018)

A Figura 9 apresenta o desenvolvimento de um modelo tridimensional do *layout*, com duas vistas onde podem ser visualizados os tanques de coleta e decantação, os reservatórios e o setor de dosagem de concreto, onde pode ser observado a disposição de todos os elementos.

Com a observação direta em outras centrais dosadoras de concreto da região do Vale do Rio dos Sinos/RS, esse foi o modelo que se mostrou mais simples para a instalação na Empresa A. Além disso, é o mais utilizado, tem boa eficiência e atende às necessidades das empresas.

CONCLUSÃO

Em relação aos dados da Empresa A, referentes ao consumo de água, notou-se que a atividade que demanda uma maior quantidade de água é exatamente a produção de concreto, com 66% do consumo total da empresa. No Ponto 1, onde ocorre a lavagem da calha e funil sempre que o veículo sai e retorna, esse consumo é de 17%, que corresponde ao ponto de lavagem que utiliza o maior volume de água potável (45,78 m³). O descarte de água residual da empresa é realizado por empresa terceirizada, que coleta o resíduo, faz o tratamento e redireciona esse efluente tratado a algum corpo receptor. Com a implantação de um sistema de reutilização, esse processo não precisará mais ser realizado, reduzindo esses custos de tratamento.

Enfim, o sistema atual de coleta e decantação da empresa necessita de readequação para que a água residual seja reutilizada sem danos ao concreto. A partir do estudo realizado, a proposta final de *layout* dos tanques é a que mais se aproxima da realidade econômica da empresa, além de ser um sistema simples e que vem sendo utilizado por outras centrais dosadoras no país e no mundo. O modelo final atende ao espaço físico disponível e o volume proposto cumpre com a demanda de produção em pelo menos metade do volume de água utilizada, ou seja, a empresa reduzirá pela metade o consumo de água potável para a produção de concreto e não terá mais o custo de tratamento da água residual.

REFERÊNCIAS

[1] TUNDISI, José Galizia. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. 3. ed. São Carlos: Rima, 2009.

[2] GRAZIANO, José. Escassez de água, desafio à sustentabilidade. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/artigo-escassez-de-agua-desafio-a-sustentabilidade/>>. Acesso em: 28 maio 2017.

[3] MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. **Tecnologia de reuso de água**. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. Reuso de Água. Barueri: Manole, 2003.

[4] ONU – Organização das Nações Unidas. **A ONU e a água**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em: 28 maio 2017.

[5] UCKER, Fernando Ernesto; GOLDFELD, Anna Paula Ferreira Batista; HARAGUCHI, Marcelo Tsuyoshi; SANTOS, Felipe Correa Veloso dos; REIS, Átila; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. Avaliação dos resíduos sólidos e líquidos em concreteira. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM**, Santa Maria, v.15, p. 2990-2997, 2013.

[6] SU, Nan; MIAO, Buquan; LIU, Fu-Shung. Effect of wash water and underground water on properties of concrete. **Cement and Concrete Research**, v.32, p. 777–782, 2002.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP, 2013), Associação Brasileira do Cimento Portland. **Pesquisa inédita e exclusiva revela cenário do mercado brasileiro de concreto**. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/cms/imprensa/noticias/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto/>>. Acesso em: 05 junho 2018.

[8] HELENE, Paulo Roberto do Lago; TERZIAN, Paulo Roberto. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 2001.

[9] PAULA, Heber Martins de; FERNANDES, Carlos Eduardo. Gestão da água em usina de concreto: análise do risco das atividades e monitoramento da qualidade da água residuária para fins de reuso. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v.10, p.14-2, 2015.

[10] SANDROLINI, Franco; FRANZONI, Elisa. Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants. **Cement and Concrete Research**, v. 31, p.485-489, 2001.

[11] XUAN, Dongxing; ZHAN, Baojian; POON, Chi Sun; ZHENGBA, Wei. Innovative reuse of concrete slurry waste from ready-mixed concrete plants in construction products. **Journal of Hazardous Materials**, v.312, p. 65–72, 2016.

[12] SILVA, Patrícia Sardão da. **Avaliação dos conceitos de P+L e Lean and Green numa central dosadora de concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). São Leopoldo, Unisinos, 118 p, 2014.

[13] SEALEY, B. J.; PHILLIPS, P. S.; HILL, G. H. Waste management issues for the UK ready-mixed concrete industry. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 32, p.321-33. 2001.

[14] CHAGAS, Carla Daniela; SILVA, Júnior Cesar de Resende; ALVES, Leôncio Junio; SILVA, Mateus Santiago da. **Avaliação econômica de água em uma**

indústria de concreto usinado no município de Arcos - MG. In: XI Congresso Nacional do Meio Ambiente de Poços de Caldas. Poços de Caldas: 2014.

[15] PAULA, Heber Martins de; ILHA, Marina Sangoi de Oliveira. Qualidade da água residuária de usina de concreto para fins de aproveitamento. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, São Paulo, v.7, p.349-366, 2014.

[16] FELTES, Jeison; MELO, Marcelo de; ARNOLD, Daiana Cristina Metz; SILVA, Adriana Teresinha da. **Análise da trabalhabilidade do concreto no estado fresco ao incorporar água de lavagem de caminhão betoneira.** In: Anais do 16 SBE BRAZIL - PORTUGAL, Vitória, 2016.

[17] MELO, Marcelo de. **Reutilização de água residual proveniente de lavagem de caminhões betoneiras no processo de fabricação do concreto usinado.** Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Curso de Engenharia Civil. Novo Hamburgo, Universidade Feevale, 71p., 2017.

[18] SILVA, Robson Rodrigo da; VIOLIN, Ronan Yuzo Takeda. **Gestão da Água em Canteiros de Obras de Construção Civil.** In: Anais do VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica UniCesumar, Maringá, 2013. Disponível em: <<http://www.cesumar.br>>. Acesso em: 05 junho 2018.

[19] EKOLU, Stephen; DAWNEERANGEN, Amit. Evaluation of Recycled Water Recovered from a Ready-Mix Plant for reuse in Concrete. **Journal of the South African Institution of Civil Engineering**, v.52, p.77- 82, 2010.

[20] LOW Giau Leong; NG, K. Y.; NG, W. L.; TAM, C. T.; HENG, R. B. W.. Use of recycled cement-based slurry water for making concrete. **Journal - The Institution of Engineers**, Malaysia, v.68, p.47-55, 2007.

[21] MALAGUTI, Vilmar dos Santos; MYMRIN, Vsevolod Anatolievich.; MATOSKI, Adalberto. Reúso de água e resíduos de lavagem de caminhões betoneiras: análise do efeito na resistência à compressão em novos concretos. **Revista Matéria**, Curitiba, v.22, 2017.

[22] VIANNA, Marcos Rocha. **Hidráulica aplicada às estações de tratamento de água.** Belo Horizonte: Instituto de Engenharia Aplicada, 1992.

[23] RICHTER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José M. de. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Edgard Blücher, 1991.

[24] MALAGUTI, Vilmar dos Santos. **Reuso de água e resíduos gerados pela lavagem de caminhões betoneiras: análise do efeito na resistência à compressão de concreto usinado.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 129 p., 2016.

[25] SOBRINHO, Valny Giacomelli. Sustentabilidade do “berço ao túmulo”: extensão de modelos Insumo-produto para RSU e RSA no varejo. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. XVI, p. 21-42, 2013.

[26] BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Lei nº 12.305**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 03 de ago. de 2010, Brasília, DF, 2010.