

GESTÃO DA ÁGUA EM USINA DE CONCRETO: ANÁLISE DO RISCO DAS ATIVIDADES E MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA RESIDUÁRIA PARA FINS DE REUSO

Water management in concrete plant: analyze risk activities and monitoring the quality of wastewater for reuse purposes

Heber Martins de Paula¹, Carlos Eduardo Fernandes²

Recebido em 18 de novembro de 2014; recebido para revisão em 03 de março de 2015; aceito em 01 de abril de 2015; disponível on-line em 20 de julho de 2015.



PALAVRAS CHAVE:

*Usinas de concreto;
Avaliação de risco;
Qualidade da água
residuária;*

KEYWORDS:

*Concrete plants;
Risk assessment;
Quality of wastewater.*

RESUMO: As usinas de concreto vêm enfrentando o desafio de aumentar a produção, reduzindo o volume de resíduos gerados. Suas principais atividades demandam de volumes consideráveis de água que, ao mesmo tempo, não devem ser descartadas no solo ou redes coletoras, pois podem gerar riscos ao meio ambiente. Assim, este artigo tem como objetivo avaliar a frequência e o risco das atividades da usina quanto ao uso da água. Além disso, monitorar a qualidade da água do sistema de tratamento quanto ao pH e a turbidez. Para tanto, foi aplicado o método de Avaliação de Risco da Atividade aliado a observações realizadas in loco para melhor representar as ações de um dia convencional de produção. O levantamento foi realizado por seis dias aleatórios por três semanas consecutivas. Para avaliação da qualidade da água residuária foram monitorados o pH e a turbidez, sempre no último dia de produção da usina, representando a pior situação. Os resultados mostraram que a lavagem dos caminhões é a atividade que apresenta maior risco ao meio ambiente, pois acontece com maior frequência dentro do espaço de produção. O sistema atual não consegue remover a turbidez para destinação da água ao reuso, mantendo o pH acima de 12.

ABSTRACT: The concrete plants are facing the challenge of increasing production, reducing the volume of waste generated. Its main activities require considerable volumes of water at the same time, should not be dismissed on the ground or collecting networks, they could generate risks to the environment. Thus, this article aims to evaluate the frequency and risk of the activities of the concrete plant on the use of water. In addition, monitor the quality of water treatment system for pH and turbidity. To this end, we applied the method of the Activity Risk Assessment together with in situ observations to better represent the actions of a conventional production day. The survey was conducted by six random days for three consecutive weeks. To evaluate the quality of wastewater pH and turbidity, always on the last day of production of the plant were monitored, representing the worst case. The results showed that washing of trucks is the activity that presents the greatest risk to the environment, because it happens more often within the space of production. The current system cannot remove turbidity for allocation of water to the reuse while maintaining the pH above 12.

* Contato com os autores:

¹e-mail : heberdepaula@ufg.br (H. M. de Paula)

Doutor em Engenharia Civil, Professor Adjunto, Universidade Federal de Goiás.

²e-mail : carloseduardoengcivil@live.com (C. E. Fernandes)

Graduando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um material presente na maioria das construções, aplicando-se desde obras de infraestrutura até residenciais. A Associação Brasileira de Cimento Portland apresentou em uma pesquisa realizada entre 2005 e 2012 o crescimento do consumo de cimento da construção civil brasileira, que atingiu médias superiores a 80% em relação aos anos anteriores. Associado a esses valores estão às usinas produtoras de concreto com o crescimento superior a 180%, sendo que no ano de 2012 houve uma produção de 51 milhões de m³ deste material (ABCP, 2013). A construção civil consome cerca de 50% dos recursos naturais e, conseqüentemente, se torna também uma das maiores geradoras de resíduos, valendo destacar a água como o recurso mais utilizado nesse espaço (Vieira, 2010).

A água em uma usina de concreto tem várias utilidades além da produção, como na limpeza dos resíduos dos caminhões, na pulverização durante a produção e higienização da usina (Sealey et al. 2001). Segundo Tsimas e Zervaki (2011) as principais atividades que consomem água são a lavagem do caminhão betoneira, utilizando diariamente cerca de 1500 Litros e a produção em que se destina cerca de 1600 Litros, isso para a fabricação de 8 m³ de concreto.

Em estudos realizados na Turquia (Kazaz, Ulubeyli e Turker, 2004), Tailândia e Coréia (Henry e Kato, 2012) sobre a gestão ambiental em usinas de concreto verificou-se que o principal foco das empresas está no custo final do produto, não observando a importância da gestão ambiental no processo de produção, o que restringe a implantação de práticas sustentáveis.

A grande preocupação com a água pós-produção está por ela apresentar materiais suspensos e dissolvidos que alteram seus parâmetros de qualidade, que podem contaminar as águas subterrâneas e superficiais (Borger, Carrasquillo e Fowler, 1994). Ekolu e Dawneerangen (2010) destacam que a água residuária de usinas de concreto não podem ser

despejadas diretamente no solo ou na água por causa de seu elevado teor de sólidos e o pH modificados. No Brasil, a Resolução Conama N^o 430 em seu artigo 1^o (Brasil, 2011), estabelece que são necessários obedecer condições, parâmetros e padrões para que se possa realizar o lançamento de efluentes em corpos de água.

Paula e Ilha (2014) destacam que água residuária de usinas de concreto, se tratadas, podem contribuir para redução do consumo de água potável em atividades menos nobres como, por exemplo, a lavagem de caminhões. Os autores ainda mostram que há uma necessidade de melhorar os processos de tratamentos adotados pelas usinas, incluindo a coagulação e a correção de pH, o que converge para a proposta da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2011), que propõe a busca por soluções técnicas para minimizar os impactos gerados pelas indústrias ao meio ambiente.

Neste sentido, surge o conceito da gestão ambiental, que se baseia em um conjunto de ações que envolvem o poder público, o setor produtivo e a sociedade, buscando usar de forma racional e sustentável os recursos ambientais (Theodoro, Cordeiro e Beke, 2004). Lima et al. (2009) propôs um mapeamento de riscos de uma usina de concreto de grande porte, que possibilitou um diagnóstico de gestão ambiental. Para tanto, os autores adotaram a Metodologia de Avaliação de Riscos proposto por Morgado (2000), com o qual foi possível determinar qual atividade desenvolvida dentro de uma central dosadora de concreto apresenta maior risco. Os resultados indicaram que a lavagem dos caminhões é atividade que apresenta maior risco, por ter maior frequência e severidade.

2. OBJETIVO

Inserido nesse contexto, este artigo tem como objetivo avaliar a frequência e o risco das atividades de uma usina de concreto quanto ao uso da água. Além disso, monitorar a qualidade da água no sistema de tratamento quanto ao pH e a turbidez.

3. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi adotada como estudo caso uma usina de concreto, situada na cidade de Catalão - Goiás, que apresenta uma produção média mensal de 2.600 m³ de concreto.

Para avaliação do risco das atividades foi seguido o método proposto por Morgado (2000), o qual propõe as seguintes etapas: classificar as atividades de trabalho quanto à frequência e severidade, caracterizar o risco e preparar um plano de ação para o controle. Segundo o autor para a avaliação do risco é necessário uma análise qualitativa e quantitativa. A primeira relaciona quanto à severidade e a segunda quanto à probabilidade de um evento ocorrer (frequência). Para determinar a atividade que contém maior risco, quanto ao uso da água, foram adotadas as

tabelas de classificação da severidade (Tabela 1) e frequência (Tabela 2).

Cabe destacar, que as atividades da usina de concreto foram monitoradas “in loco” por seis dias aleatórios, ao longo de três semanas, o que permitiu estimar a frequência e a duração das ações. Os pontos de uso da água são servidos por bombas hidráulicas que tiveram suas vazões verificadas utilizando um recipiente graduado com volume de 10 Litros, contabilizando o tempo total para seu enchimento. A partir da determinação da vazão e da duração foi possível estimar o consumo médio de água para a realização de cada atividade.

Seguindo a metodologia foi determinada a classificação do risco, pela interligação da frequência e severidade, conforme apresenta a Tabela 3.

TABELA 1: Severidade dos eventos.

Categoria	Denominação	Descrição / Características
I	Desprezível	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; Não ocorrem lesões/mortes de funcionários, de terceiros (Não funcionários) e/ou pessoas (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor.
II	Marginal	Danos leves aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (os danos materiais são controláveis e/ou de baixo custo de reparo); Lesões leves em funcionários, terceiros e/ou em pessoas
III	Crítica	Danos severos aos equipamentos, à propriedade e/ou meio ambiente; Lesões de gravidade moderada em funcionários, em terceiros e/ou em pessoas (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou terceiros); Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe.
IV	Catastrófica	Danos irreparáveis aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (reparação lenta ou impossível); Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (em funcionários, em terceiros e/ou pessoas).

FONTE: Morgado (2000).

TABELA 2: Frequência das atividades.

Categoria	Denominação	Descrição / Características
A	Extremamente Remota	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante toda vida útil do processo.
B	Remota	Não esperado ocorrer durante a vida útil do processo.
C	Improvável	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil do processo.
D	Provável	Esperado ocorrer até uma vez durante a vida útil do processo.
E	Frequente	Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil do processo.

FONTE: Morgado (2000).

TABELA 3: Matriz de risco.

Risco	Frequência					
	A	B	C	D	E	
Consequência	V	Menor	Moderado	Sério	Crítico	Crítico
	III	Desprezível	Menor	Moderado	Sério	Crítico
	II	Desprezível	Desprezível	Menor	Moderado	Sério
	I	Desprezível	Desprezível	Desprezível	Menor	Moderado

FONTE: adaptado de Morgado (2000).

A partir da análise de risco foi monitorada a qualidade da água residuária do sistema de tratamento da usina, que é constituído por um tanque de entrada, por seis câmaras de sedimentação e uma câmara para disposição da água tratada. As amostras foram coletadas uma vez por semana e três amostra para cada um dos três pontos do sistema (Figura 1) e analisados dois parâmetros, a saber: turbidez (modelo DLT-WV, DEL Lab®)

e pH (modelo pH-1700, Instrutherm®). Para melhor compreensão foram identificadas as amostras como C1, C2 e C3, ou seja, a amostra C1 equivale ao monitoramento dos pontos 1, 2 e 3 do sistema na semana 1 do estudo.

Para representação dos resultados foram consideradas as médias dos valores dos parâmetros e confrontados com os valores proposto para reuso adotados por Ilha et al. (2014), Tabela 4.

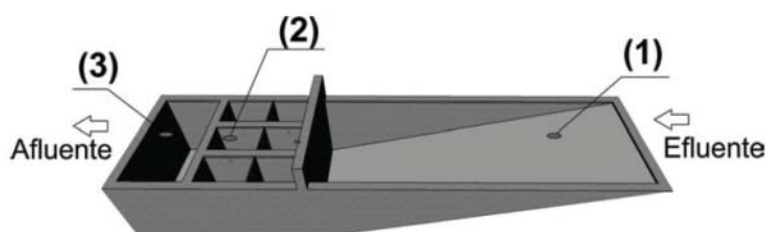


FIGURA 1: Sistema de tratamento da água residuária e pontos de coleta das amostras para a caracterização da qualidade da água: (1) câmara de entrada do efluente da lavagem dos caminhões e do pátio, (2) câmara de decantação intermediária (3) câmara de saída, chamado de afluente, pois está sendo destinado à infiltração no solo.

FONTE: Paula e Ilha (2014).

4. RESULTADOS

As principais atividades identificadas foram: lavagem dos caminhões betoneira (dividida em pulverização e lavagem externa, ambas durante a produção de concreto; e a lavagem interna do balão após as entregas); Umectação dos agregados; Enchimento do reservatório acoplado

ao caminhão betoneira e a Produção de concreto (água potável). A Figura 2 ilustra os processos que envolvem usos e reuso da água dentro da usina de concreto.

Os resultados dos volumes estimados de água consumida e a frequência de cada atividade ao longo de um dia normal de produção de concreto estão representados na Figura 3.

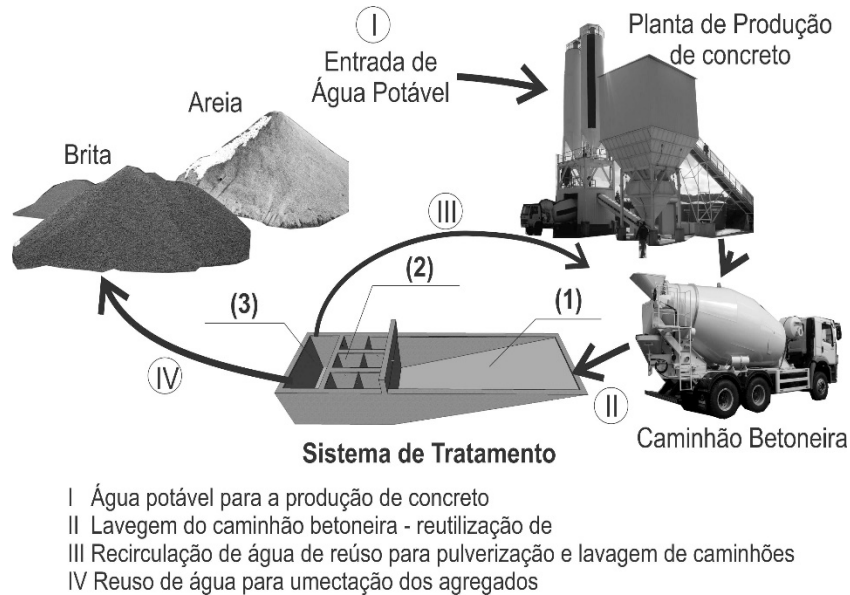


FIGURA 2: Ciclo da água na produção do concreto.

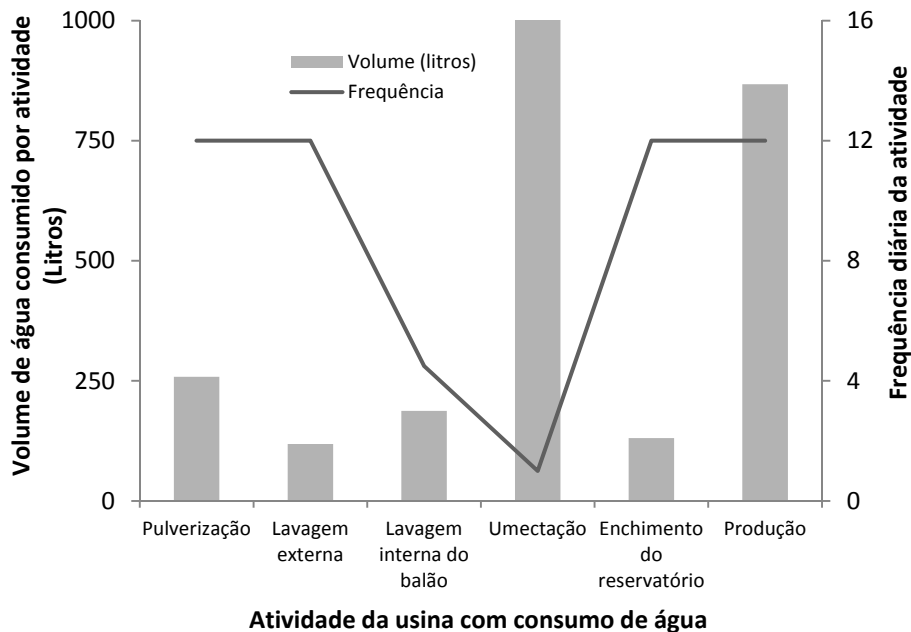


FIGURA 3: Monitoramento dos volumes e frequência das atividades que consomem água em uma usina de concreto.

É possível notar que a Umectação, apesar de ter um elevado consumo (média de 870 L dia⁻¹), é realizada em apenas um período por dia. Por sua vez, a pulverização, a lavagem externa e o enchimento do reservatório do caminhão são realizados paralelamente à produção do concreto, ou seja, mesmo apresentando menores consumos de água as atividades ocorrem com maior frequência.

Associando a frequência e o volume consumido de água para cada uma das atividades foi possível traçar um perfil de consumo geral da usina de concreto (Figura 3). Vale chamar a atenção que o consumo de água para produção representa 51% do consumo total da usina. Contudo, como poder visto na Figura 4, há parcelas ou volumes importantes que não são considerados para estimar o real consumo de água para se produzir 1 m³ de concreto.

Somadas as atividades que envolvem a lavagem dos caminhões (Pulverização, Lavagem externa e Lavagem interna) chega-se a 26% do consumo total de água da usina. Essas atividades podem ser consideradas como o principal problema a ser tratado dentro do processo de produção do concreto, pois seus efluentes apresentam características modificadas como, por exemplo, pH e turbidez.

Aplicando a metodologia proposta por

Morgado (2000) nos dados levantados *in loco* na usina de concreto, foi possível verificar, pela Tabela 5, três atividades consideradas como risco sério, ou seja, são necessárias maiores atenções e, possivelmente, um tratamento antes de seu descarte.

As parcelas de consumo de água identificadas como risco sério (pulverização, lavagem externa e lavagem interna do balão) são, normalmente, destinadas por escoamento superficial ao sistema de tratamento (Figura 1). A água coletada no Ponto (1) do sistema de tratamento representa o efluente bruto, já os pontos (2) e (3) representam o tratamento obtido pela passagem pelo sistema de decantação e o afluente tratado, respectivamente.

A água ao entrar em contato com os compostos do cimento tem seu pH elevado, como pode ser visto na Figura 5-a. Mesmo passando pelo sistema de tratamento não houve alterações em seu valor, permanecendo acima de 12, o que demanda uma correção desse valor para atender aos parâmetros de reuso indicados na Tabela 4.

A passagem da água residuária pelo sistema de tratamento apresentou uma eficiência na remoção da turbidez acima de 87%, avaliando do ponto de entrada (Ponto 1) e o ponto de saída do afluente (Ponto 2), como pode ser visto na Figura 5-b.

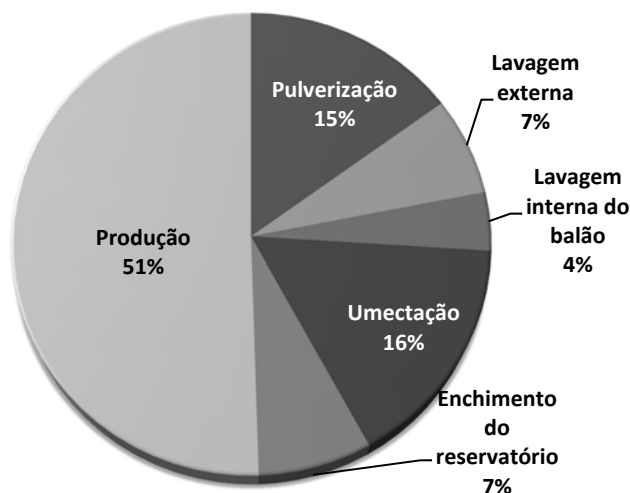


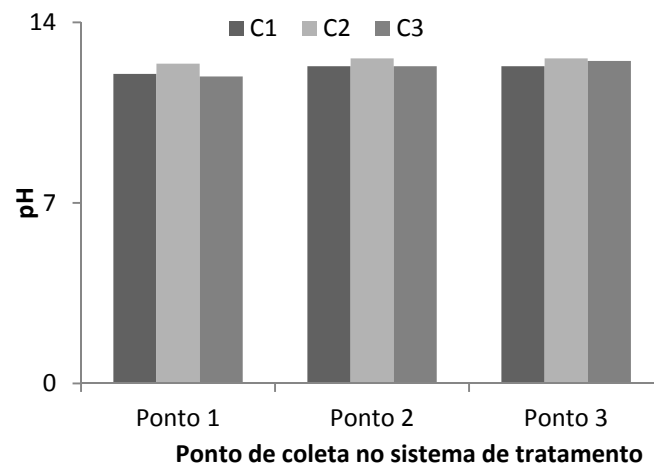
FIGURA 4: Visão geral do consumo de água dentro de uma usina de concreto.

TABELA 5: Riscos quanto ao uso da água.

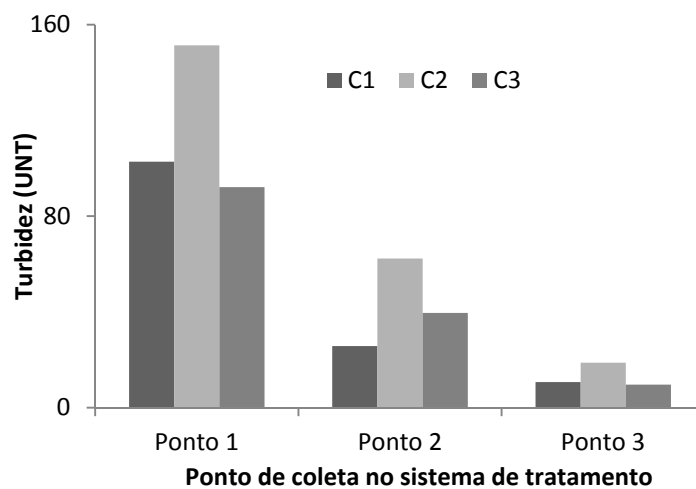
Atividades	Severidade	Frequência	Risco
Pulverização	II	E	Sério
Lavagem externa	II	E	Sério
Lavagem interna do balão	II	E	Sério
Umectação	II	C	Menor
Enchimento do reservatório	I	C	Desprezível
Produção	I	E	Moderado

De acordo com a Norma Técnica Brasileira 15900 (ANBT, 2009) a massa adicional de material sólido no concreto, resultante do reuso da água residuária de usinas de concreto, deve ser menor do que 1 % (relação massa/massa) da massa total de agregados presentes no concreto. Por esse motivo torna-se imprescindível a

necessidade de remoção de parte dos sólidos suspensos na água residuária. Neste caso, avaliando a turbidez, foi possível observar valores permaneceram acima do indicado para reuso (Tabela 4), o que indicava uma possível necessidade de um tratamento adicional como, por exemplo, o processo de coagulação.



(a)



(b)

FIGURA 5: Monitoramento da qualidade da água residuária de usina de concreto: pH (a) e Turbidez (b).

5. CONCLUSÕES

Este estudo indicou que praticamente metade da água consumida pela usina de concreto não provém da produção. Além disso, atividades como a lavagem dos caminhões e umectação dos agregados necessitam de um volume expressivo de água e representam um sério risco ao meio ambiente.

A usina conta com o sistema de tratamento, caracterizado por câmaras de decantação, que não se mostrou eficaz quanto à redução de pH e a remoção de turbidez, não sendo possível indicar a água para fins de reuso.

Confrontando os resultados da avaliação de risco e da qualidade da água residuária, pode-se concluir que o despejo direto dos efluentes no solo ou em mananciais, mesmo passando pelo tratamento avaliado, pode contaminar o solo e/ou mananciais.

Por fim, sugere-se a implantação de duas novas etapas no processo de tratamento. A primeira etapa seria a coagulação, preferencialmente, com adotando coagulantes naturais como, por exemplo, a *Moringa oleifera*. Por fim, a correção do pH com adição de ácidos. Com a implantação destas etapas a água residuária tratada poderia ser destinada para a lavagem dos caminhões e, até mesmo, na própria produção do concreto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (Org.). **Pesquisa do cenário do mercado brasileiro de concreto**. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/conteudo/imprensa/pesquisa-inedita-e-exclusiva-revela-cenario-do-mercado-brasileiro-de-concreto#.U8NAL_IdUYM>. Acesso em: nov 2014.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15900: **Água para amassamento do concreto Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2009.

BORGER, J; CARRASQUILLO, R.L; FOWLER, D.J. **Use of Recycled Wash Water and Returned Plastic Concrete in the Production of Fresh Concrete**. *Advanced Cement Based Materials*, vol. 1, 1994, 267-274 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Versão Preliminar. Brasília, setembro de 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 430, DE 13 DE MAIO DE 2011, Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, Complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, 16 de Maio. 2011.

EKOLU, S. O.; DAWNEERANGEN, A. Evaluation of recycled water recovered from a ready-mix concrete plant for reuse in concrete. **J. S. Afr. Inst. Civ. Eng.** [online]. vol. 52, n. 2, 2010, 77-82 p.

HENRY, M.; KATO, Y. Understanding the regional context of sustainable concrete in Asia: Case studies in Thailand and Korea. **Resources, Conservation and Recycling**, vol. 69, dez. 2012, 122-129 p.

ILHA, M. S. O.; PAULA, H. M.; SARTI, Maria Paula. Consumo de água em usinas de concreto e a qualidade das águas residuárias. **Hydro**, vol. 87, jan. 2014, 12-19 p.

KAZAZ, A.; ULUBEYLI, S.; TURKER, F. The quality perspective of the ready-mixed concrete industry in Turkey. **Building and Environment**, vol. 39, n. 11, 2004, 1349-1357 p.

LIMA, A. P.; MOREIRA, B.; ARAÚJO, L. E.; GABRIELE, P. D.; CARVALHO, M. Sustentabilidade na Construção Civil. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 5º, 2009. **Anais...** Niterói.

MORGADO, C.R.V. **Gerencia de riscos**. Rio de Janeiro: SEGRAC – Núcleo de Pesquisa em Engenharia de Segurança, Gerenciamento de Riscos e Acessibilidade na UFRJ, 2000.

PAULA, H.M.; ILHA, M. S. O. Quality of concrete plant wastewater for reuse, **Ibracon Structures and Materials Journal**. vol. 7, 2014, 349 – 366 p.

SEALEY, B.J; PHILLIPS, P.S; HILL, G.J. **Waste management issues for the UK ready-mixed concrete industry**. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 32, 2001, 321-331 p.

THEODORO, S. H; CORDEIRO, P.M.F; BEKE, Z. **Gestão ambiental: uma prática para mediar conflitos socioambientais**. Encontro da Associação Nacional de Pós Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade, 2, São Paulo, 26-29 maio 2004.

TSIMAS, S.; ZERVAKI, M. Reuse of waste water from ready-mixed concrete plants. **Management of Environmental Quality: An International Journal**. Vol. 22, n. 1, 2011, 7-17 p.

VIEIRA, L. B. P. Implantação de modelo sustentável para centrais dosadoras de concreto: Redução do volume de resíduos com o uso de estabilizador de pega em centrais dosadoras de concreto. In: 52º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO. **Anais...** Fortaleza – CE, 2010.