

REUSO DA ÁGUA EM PROCESSO DE LAMINAÇÃO À QUENTE NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

Diego Aparecido Alves Costa Moreno

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Erica Natasha dos Anjos Garcia

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Marcos Luiz Berti

Doutor em Linguística e Língua Portuguesa pela Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho” – UNESP
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Maria Clara Godinho Somer Avelino

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio
de Mesquita Filho” – UNESP
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Patricia Hamada Moraes

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Estadual Paulista “Júlio
de Mesquita Filho” – UNESP
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

As indústrias siderúrgicas necessitam de grandes quantidades de água e energia durante os processos de fabricação de seus produtos e para que não contribuam para a escassez dos recursos hídricos é preciso adotar medidas que reduzem os impactos ambientais ocasionados. O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma forma de minimizar os impactos pelo consumo de água em processos de laminação a quente em indústrias siderúrgicas, propondo um sistema alternativo de gestão com o tratamento dos efluentes gerados e o reuso da água para manter a qualidade e quantidade dos recursos hídricos. A metodologia baseou-se na pesquisa básica, objetivando gerar novos conhecimentos, utilizando como procedimento técnico a pesquisa bibliográfica e quanto aos objetivos, classifica-se como pesquisa exploratória a fim de promover considerações e questionamentos com o intuito de auxiliar o estudo. Conclui-se que em processos de laminação a quente, pode-se considerar o reuso como um uso racional e eficiente, devido a sua contribuição para o controle de perdas e desperdícios, diminuindo a geração e o descarte de efluentes, reduzindo o consumo de água potável, evitando os impactos causados ao meio ambiente e por ser uma prática sustentável, auxilia na redução dos custos da empresa e na economia da captação de água.

PALAVRAS-CHAVE: Água; Reuso; Siderurgia; Laminação.

INTRODUÇÃO

A água é o principal componente dos organismos vivos, devido a sua importância para a manutenção da vida e por estar presente no habitat dos seres vivos. Todos os seres vivos existentes precisam da água para sua sobrevivência.

Para que possa ser utilizada, a água deve atender os padrões de qualidade (Portaria nº 2.914, do Ministério da Saúde) com suas características físicas e químicas, moldando assim, os ecossistemas de acordo com sua disponibilidade (BRAGA et al., 2005).

O aumento populacional, o lançamento de efluentes urbanos, industriais e agrícolas, e também a extração de águas superficiais e subterrâneas, vêm provocando a degradação da qualidade dos recursos hídricos (MORUZZI, 2008).

Para Silva (2007), quando se trata da utilização dos recursos hídricos nos últimos anos, têm-se notado grandes conflitos relacionados à quantidade e qualidade da água, devido ao agravamento do descontrole e a falta de conscientização do seu uso apropriado.

Em processos industriais, a água pode ser utilizada para aquecimento, resfriamento, limpeza, solubilização e geração de energia; dos quais para cada processo a água aplicada deve atender aos padrões de qualidade exigidos. Durante esses processos são geradas grandes quantidades de resíduos, que, se lançadas sem prévio tratamento, alteram a qualidade dos solos e dos recursos hídricos (SANTOS, 2014).

As indústrias siderúrgicas necessitam de grandes quantidades de água e energia durante os processos de fabricação de seus produtos e para que não contribuam para a escassez dos recursos hídricos é preciso adotar medidas que reduzem os impactos ambientais ocasionados, tornando assim, o reuso uma importante e imprescindível fonte de minimização desses problemas.

Assim, com a possibilidade de uma descontrolada redução da água no Planeta, por ser um bem que não pode ser produzido, devem-se observar quais as prioridades de uso para os padrões de potabilidade em relação à disponibilidade e qualidade, pois mesmo que há a alternativa de reuso, notam-se algumas restrições. Apesar disso, surgem cada vez mais ideias sobre o assunto quanto à questão de economia e preservação dos recursos hídricos (TUNDISI, 2003).

O presente trabalho tem por objetivo minimizar o consumo de água potável no processo de laminação a quente de indústrias siderúrgicas, apresentando a proposta de reuso dos efluentes líquidos devidamente tratados no processo supracitado e visando à manutenção da quantidade e qualidade dos recursos hídricos. Assim como, demonstrar as vantagens e os benefícios da reutilização.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 Processo de Laminação na Indústria Siderúrgica

Segundo Rizzo (2010), o processo de laminação se tornou importante na indústria no século XIX, porém os primeiros laminadores para o processamento de chumbo e estanho foram utilizados no século XV. Os equipamentos de laminação foram projetados por Leonardo da Vinci entre os anos de 1480 e 1495.

É um dos principais processos de conformação mecânica, oferecendo grande variedade de produtos acabados e semi-acabados que serão utilizados como matérias primas de outros produtos.

A laminação é um processo que modifica geometricamente um corpo sólido, aumentando seu comprimento e largura devido à influência de agentes mecânicos – dois cilindros em trabalho de rotação girando a mesma velocidade e em sentidos opostos acionados por um conjunto de motores e uma caixa de transmissão (FRANÇA, 2012).

De acordo com Gonçalves (2007), uma unidade de laminação pode apresentar várias sequências de operação por ser complexa, diversificada e se tornar essencial no processo de transformação mecânica do aço.

O processo de laminação reduz a área da seção transversal, seguido pelo alongamento do material recebido do lingotamento (transformação do aço líquido em placas/tarugos sólidos de aço), conformando-o no produto desejado: perfis; chapas finas ou grossas; barras redondas; vergalhões; fio-máquina, entre outros (HELMAN; CETLIN, 2005).

O tarugo passa pelo processo de deformação plástica através da aplicação de esforços de compressão pelos cilindros laminadores até chegar ao material desejado. Quanto mais difícil a forma desejada e melhor a resistência do material a

laminar, maior o número de passes pelos cilindros (AGOSTINHO; VILELLA; BUTTON, 2004).

O processo de laminação é composto por forno de aquecimento ou reaquecimento para aquecer os tarugos ou chapas a serem laminados, laminador, sistemas de roletes para deslocamento do produto em cada passe, mesas de elevação, equipamento para tratamento térmico e para resfriamento no caso de laminação a quente e tesouras de corte.

Um laminador (equipamento responsável pela laminação) é constituído por gaiolas/quadros de aço fundido, ligadas entre si por um cabeçote que fixam os cilindros e os mancais além do motor que oferece a potência necessária e a velocidade de rotação dos cilindros, como mostra a figura abaixo.

Segundo Rocha (2012), existem dois tipos de cilindros: os que possuem superfícies retas e os que possuem ranhuras ou aberturas na superfície. Os de superfície reta são destinados para a laminação de produtos planos – chapas e placas e os com abertura na superfície e ranhuras são utilizados em laminação de produtos longos – perfis e barras.

1.2 Processo de Laminação à Quente

Segundo Rocha (2012), a laminação a quente é um processo que visa a conformação mecânica do aço por compressão direta sem a retirada de material e mantendo sua massa, mas alterando as propriedades e sua forma. Além de adquirir formas difíceis de obter em outros processos, aprimora as propriedades mecânicas desejadas no objeto laminado com o endurecimento através da deformação plástica.

O processo de laminação a quente tem uma grande necessidade de reduzir as seções transversais das peças, por isso, são aplicadas em operações iniciais de desbaste a temperaturas de trabalho superiores a de recristalização do metal em cilindros laminadores, diminuindo a resistência à deformação plástica em cada passagem recuperando a estrutura do metal e evitando seu encruamento (endurecimento) nos próximos passos (FRANÇA, 2012).

Durante o processo, ocorrem alterações microestruturais relevantes que influenciarão na microestrutura final do material, como o tamanho do grão. O material deforma-se amplamente devido ao amaciamento durante a recristalização e

recuperação. Através dos diferentes tipos de laminação e com as mudanças de temperaturas em cada fase, é que se formam as variadas microestruturas (SILVA, 2013).

Existem dois tipos de laminação: a quente e a frio. Na laminação a quente, a deformação plástica é feita acima da temperatura de recristalização do aço eliminando o encruamento e na laminação a frio é feita abaixo da temperatura de recristalização do aço e durante a solidificação da peça, aumenta a resistência.

De acordo com Helman; Cetlin (2005), a laminação a frio oferece o aumento da resistência e dureza do material; melhora o acabamento superficial e tem maior controle dimensional, porém, necessita de mais energia na deformação que consequentemente é menor; exige equipamentos que suportam grandes tensões e após a conformação o material aumenta a ductilidade. Na laminação a quente, são eliminadas as porosidades; o material sofre grandes deformidades durante a recristalização; ocorre o refinamento da estrutura e melhoria da tenacidade, além de exigir máquinas de menor capacidade por necessitar de menos esforço mecânico durante a deformação. A tabela a seguir mostra as diferenças entre a laminação a quente e a laminação a frio.

Tabela 1. Comparação Laminação a Quente x Laminação a Frio.

LAMINAÇÃO A QUENTE	LAMINAÇÃO A FRIO
A matéria prima é o tarugo (estrutura bruta de solidificação).	A matéria prima é o fio-máquina (produto acabado).
Ocorre a recuperação dos grãos ao sofrer a recristalização.	Ocorre o encruamento (endurecimento/refino) dos grãos.
Grande redução da área da seção transversal.	A redução de área é pequena.
Menor resistência e maiores grãos.	Os grãos são menores, dando maior resistência.
Feita com a temperatura acima da recristalização do aço.	Feita com a temperatura abaixo da recristalização do aço.

Fonte: criada pelo autor.

Em processos de laminação a quente, geralmente os laminadores são contínuos que reduzem a seção transversal, mudando a forma de quadrado dos tarugos para redondo dependendo do material a ser laminado. O número de gaiolas e processos de tratamento térmico variam conforme o tipo de siderúrgica, mas para descrever o processo adotamos o número de gaiolas pares (18) e dois tipos de tratamento térmico: têmpera e revenimento.

Os tarugos são extraídos do forno de reaquecimento com capacidade de armazenagem em média de 80 tarugos e 60 t/h a 1150°C, passando por processamento termomecânico em 18 gaiolas, ou seja, 18 passes de laminação em três etapas: Desbaste (6 gaiolas para primeiras reduções do tarugo); Intermediário (6 gaiolas intermediária que dão o formato arredondado e primeiro corte) e Acabador (últimas 6 gaiolas com as reduções finais e atribuições das formas do produto). O material laminado após o último passe de laminação está com uma temperatura média de 1000°C e vai para o ajuste de suas propriedades mecânicas no tratamento térmico (têmpera) com tubos de água de resfriamento para ocorrer uma variação de temperatura controlada. Em seguida, vão para o resfriamento em movimentações (revenimento) com trocas de calor e para os cortes para retirada de imperfeições e tamanhos desejados. Logo, são agregados e amarrados em feixes para receber identificação e enviados para o consumidor.

O aquecimento deve ser feito de forma homogênea e economizando energia, para obtenção da eficiência na operação e manter a qualidade do produto. Durante esse processo, ocorre a oxidação superficial (carepa) que deve ser o mínimo possível e o aquecimento deve ser monitorado para emitir uma quantidade mínima de poluentes e não oferecer riscos à segurança dos colaboradores.

1.3 Reuso nas Indústrias Siderúrgicas

As indústrias siderúrgicas e metalúrgicas necessitam de grande quantidade de água e energia durante seus processos e pelo fato dos recursos hídricos apresentarem casos de escassez, é preciso adotar medidas que reduzam os impactos ambientais ocasionados, tornando o reuso uma importante fonte de minimização do problema logo após da redução do consumo.

O volume de água empregada durante os processos de fabricação nas indústrias siderúrgicas são variáveis de acordo com a complexidade, a configuração e a integração dos processos; a capacidade de reutilização e a localização da empresa inserida. Conforme a quantidade e a maneira em que é consumida, será produzida e quantificada a geração de efluentes líquidos, bem como a presença de contaminantes nos resíduos (FRANÇA, 2012).

Segundo Rizzo (2010), como os processos de decapagem, revestimento, resfriamento e laminação requerem uma grande quantidade de água para seu funcionamento, é necessário empregar as práticas de reuso nas indústrias siderúrgicas para reduzir os custos e manter a sustentabilidade por não agredir a fauna e a flora com o descarte de efluentes contaminados.

Portanto, deve haver um equilíbrio entre o uso dos recursos naturais e o processo produtivo, para que não ocorra agressão ao meio ambiente e as empresas mantenham a sustentabilidade imposta pela pressão mundial por uma produção mais limpa.

1.4 Reuso de Água em Processo de Laminação a Quente

O uso principal da água é o resfriamento das chapas de aço e outros produtos, sendo implementado em sistema dividido em duas vias, sendo de contato direto e o não contato. A circulação de água em ambos os sistemas atingem cerca de cinco vezes, ocorrendo a purga de água e a renovação do processo (JUNIOR, 2013).

Como o processo siderúrgico definido por ter grandes perdas de água por evaporação durante a granulação de escórias em altos fornos e na aciaria, na aspersão durante o resfriamento e na laminação, além da evaporação por respingos em torres de resfriamento, o reuso se torna uma grande ferramenta para evitar as perdas e o consumo excessivo desses recursos (JOHNSON, 2003).

Durante a renovação de água devido à evaporação e descarte por condutividade, o efluente tratado pode ser reutilizado na planta sem que haja qualquer alteração nas características do produto final e não danifique as máquinas, assim diminuindo a utilização de águas provenientes dos mananciais.

Os rolos próximos ao bobinamento são responsáveis pelo resfriamento do material, onde deve deixar a temperatura satisfatória ao trabalho de transformá-las em bobinas, devido a troca de calor que ocorre neste processo á uma grade perda de água, devido ao processo de evaporação, sendo neste caso o reuso de suma importância.

2 METODOLOGIA

A metodologia baseou-se na pesquisa básica, objetivando gerar novos conhecimentos, utilizando como procedimento técnico a pesquisa bibliográfica e quanto aos objetivos, classifica-se como pesquisa exploratória a fim de promover considerações e questionamentos com o intuito de auxiliar o estudo. A partir das discussões, destacam-se certas perspectivas para a realização e contribuição de novas pesquisas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Consumo de Água no Processo Produtivo, Impactos e Consequências

Devido a crescente demanda e o excesso no uso dos recursos hídricos, a humanidade e o meio ambiente vem sofrendo impactos como a escassez desse recurso, tornando importante para a economia e a sustentabilidade reconhecermos tal cenário e começar a praticar mudanças na exploração dos recursos naturais e adotar medidas que possibilite a preservação e a conservação do meio ambiente.

Sabemos que o setor industrial consome uma grande quantidade de água com a fabricação de seus produtos, podendo contribuir para as alterações na quantidade e qualidade desse recurso com o auxílio do descontrole e a falta de conscientização quanto ao seu uso apropriado por parte da população, da indústria e da agricultura.

Na siderurgia, durante a obtenção de seus produtos são utilizadas grandes quantidades de energia e água para que se completem todos os seus processos de fabricação. Durante os processos, são descartados resíduos e efluentes em quantidades significativas nocivas ao meio ambiente e à população, quando lançados no corpo hídrico sem tratamento prévio, como, por exemplo, a contaminação da água e do solo afetando o habitat e animais aquáticos; o crescimento das plantas e interferir no ecossistema.

Como a maioria dos processos produtivos necessitam da água durante a fabricação de seus produtos, é gerado um impacto significativo quanto ao consumo desse recurso hídrico. Em indústrias siderúrgicas, particularmente nos processos de laminação, o principal consumo de água é a fase de resfriamento com uma vazão

média de 1.450 m³/h durante o processo, que é um valor considerável quando se trata de uma indústria que trabalha 24 horas por dia, além da água utilizada nos cilindros, na peça laminada e nos equipamentos e acessórios dos fornos e laminadores. Para a geração de efluentes destaca-se a limpeza dos sistemas com uma média de 2.650 kg por dia de material particulado durante toda a laminação, quando o tarugo é conformado para transformar em produto acabado.

Devido às ocorrências em alguns estados de escassez da água e em todo o planeta os recursos hídricos estarem com a porcentagem disponível para consumo reduzida, é imprescindível adotarmos medidas que reduzem o excesso de extração dos mesmos e os impactos causados, como por exemplo, tratamentos eficientes em alguns processos em que sejam viáveis e o reuso em situações em que este se torna a melhor medida.

3.2 Método de Redução do Consumo: Reuso – Vantagens e Benefícios

Devido o processo de laminação a quente em uma siderurgia necessitar de uma grande quantidade de água durante a fase do resfriamento, é imprescindível adotar medidas que reduzam o consumo desse recurso, lembrando que atualmente vem ocorrendo indícios de escassez em algumas cidades que sofrem com a falta d'água.

Nas indústrias siderúrgicas, para que ocorra o resfriamento em processos de laminação a quente é necessário que a água circule pelo sistema por volta de cinco vezes até atingir a temperatura correta e alcançar as propriedades adequadas do produto acabado desejado. Depois que ela circula pelo sistema, acontece a leitura do parâmetro de condutividade e em sequência vai para a estação de tratamento por meio de tubulações e pode ser reutilizada, nessa etapa é descartado aproximadamente 6,5 m³/h de água devido a evaporação e o descarte por condutividade. Por ocorrência dessas perdas e falhas no sistema de tratamento, é preciso realizar a renovação da água com uma taxa de aproximadamente 10,50 m³/h.

Diante do exposto, o reuso torna-se uma medida a ser adota para redução do consumo de água potável durante o processo, preservando o meio ambiente com a diminuição do descarte de efluentes e contribuindo para o abastecimento humano

que exige um padrão de potabilidade mais elevado durante a sua distribuição. Além da boa prática ambiental, a reutilização contribui para a economia financeira da empresa por reduzir a compra de água de concessionárias, valoriza os seus produtos para os consumidores e acrescenta um planejamento econômico ao criar uma gestão de recurso hídrico para seus processos.

Embora a implantação de sistemas de tratamento de água e efluentes líquidos requeiram grandes investimentos, com a economia da captação do recurso hídrico; a redução da geração de efluentes e a certificação da empresa com a sustentabilidade é possível observar um retorno rapidamente, principalmente com as vantagens competitivas proporcionadas durante a adoção de uma gestão ambiental.

Em processos de laminação a quente, pode-se considerar o reuso como um uso racional e eficiente logo após a redução do consumo de água, devido a sua contribuição para o controle de perdas e desperdícios, diminuindo a geração e o descarte de efluentes e reduzindo o consumo de água potável. Em termos econômicos, além da redução dos custos durante a operação o retorno do investimento é de curto a médio prazo se tornando menos impactante no orçamento devido a representação da sustentabilidade da empresa.

Em se tratando de práticas ambientalmente corretas, o reuso se encaixa em práticas de sustentabilidade por contribuir para a redução de impactos ao meio ambiente, oferecer um olhar positivo da opinião pública para a empresa que o adote e atrair clientes satisfeitos durante a competitividade.

CONSIDERAÇÕES

A água limpa está tornando-se cada vez mais degradada, comprometendo assim a qualidade de vida e do ambiente dos seres vivos, devido ao lançamento de efluentes de origem agrícola, industrial e urbano, o que torna a prática de reuso uma solução de melhoria e conservação, de forma a minimizar os impactos nos recursos hídricos nos quesitos de quantidade e qualidade.

Os processos de fabricação de produtos nas indústrias consomem grandes quantidades de água durante suas fases, tornando necessário adotar medidas para que sejam evitados os impactos causados ao meio ambiente, nos recursos hídricos e no solo com a extração desordenada dos recursos naturais e o lançamento de

efluentes sem tratamento adequado. Mesmo as indústrias enfrentando um custo elevado e processos burocráticos para tratamento de seus efluentes, muitas empresas prezam pela preservação do meio ambiente e adotam a reutilização.

O processo de tratamento do efluente gerado a partir da laminação, principalmente na fase de resfriamento, é um sistema de contato utilizando diversos produtos para deixar o efluente em condições de reuso sem que haja prejuízo humano, material e financeiro ao complexo fabril. De forma básica é a decantação de sólidos em suspensão; filtragem do efluente, e condicionamento de parâmetros.

Portanto, em processos de laminação a quente, pode-se considerar o reuso como um uso racional e eficiente, devido a sua contribuição para o controle de perdas e desperdícios, diminuindo a geração e o descarte de efluentes, reduzindo o consumo de água potável, evitando os impactos causados ao meio ambiente e por ser uma prática sustentável, auxilia na redução dos custos da empresa e na economia da captação de água.

Para os próximos trabalhos, deixamos como sugestão o aprofundamento das técnicas de tratamento de efluentes oriundos do processo de laminação a quente, para que possam ser adotadas medidas para a diminuição das perdas e desperdícios, bem como formas de evitar as falhas que ocorrem durante as fases do tratamento.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, O. L.; VILELLA, R. C.; BUTTON, S. T. **Processos de Fabricação e Planejamento de Processos**. Universidade Estadual de Campinas, 2004.

BRAGA, B. et. al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

FRANÇA, A. L. F. **Minimização do Consumo de Água e da Geração de Efluentes Líquidos em Siderurgia**. Rio de Janeiro, 2012.

GONÇALVES, M. **Introdução à Siderurgia**. 1 ed., Laminação de Produtos Planos e Não-Planos, São Paulo: ABM, 2007.

HELMAN, H. e CETLIN, P. R. **Fundamentos da Conformação Mecânica dos Metais**. Ed. Artliber, 2005.

JOHNSON, Rick. **Water Use In Industries of the Future: Steel Industry**. Washington, D.C: U.S. Departamento of Energy, Jul, 2003.

JUNIOR, J. C. N. T. **Obtenção, Mercado e Reciclagem de Sucatas Ferrosas na Indústria Siderúrgica Brasileira.** Rio de Janeiro, 2013.

MORUZZI, R. B. **Reuso da água no contexto da gestão de recursos hídricos: Impacto, Tecnologia e Desafios.** OLAM – Ciência & Tecnologia – Rio Claro / SP, Brasil – Ano VIII, Vol. 8, N.3, P. 271, Julho – Dezembro / 2008, ISSN 1982-7784.

RIZZO, E. M. S. **Processos de Laminação de Produtos Longos de Aço.** São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2010.

ROCHA, O. F. L. da. **Conformação Mecânica.** IFPA – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará. Belém – PA, 2012.

SANTOS, A. B. dos. **Reúso de Efluentes no Processo Industrial de Siderurgia.** UNESP. Guaratinguetá, 2014. Dissertação (Mestrado).

SILVA, Ferdnando Cavalcanti da. **Análise Integrada de usos de água superficial e subterrânea em macro-escala numa bacia hidrográfica: O caso do alto Rio Paranaíba.** Porto Alegre: UFRS, 2007. Dissertação (Mestrado).

SILVA, J. M. da. **Influência dos Processos de Laminação Convencional, Assimétrica e Cruzada na Microestrutura e Textura Cristalográfica do Aço Elétrico 3% de Silício.** Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2013. Dissertação (Mestrado).

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez.** RIMA, IIE, 2003.