

AUTOMAÇÃO NA INDÚSTRIA METALURGICA E DE MINERAÇÃO COM RFID: UMA REVISÃO INTEGRATIVA*

Matheus Jacon Pereira¹

Leandro Avanço²

Alessandro Santiago dos Santos³

Adriano Galindo Leaf⁴

Resumo

RFID é uma das tecnologias impulsionadas da Internet das Coisas, que está sendo utilizada em soluções com o intuito de aumentar a eficiência dos processos, melhorar o cumprimento de prazos, reduzir custos e aumentar receitas. A inovação com RFID na indústria de metalurgia, materiais e mineração está em um estágio inicial, mas em rápida evolução e adoção. Este trabalho utiliza uma metodologia de revisão integrativa para avaliar quais são os casos de sucesso de automação com RFID empregados neste setor. Ainda apresenta os principais tipos de RFID, usos e boas práticas de implementação, assim como, um levantamento dos trabalhos em revistas técnicas e científicas nos últimos 10 anos sobre este assunto.

Palavras-chave: RFID; Metalurgia; Mineração; Automação; IoT.

AUTOMATION ON METALLURGY AND MINING INDUSTRY WITH RFID TECHNOLOGIES: A REVIEW

Abstract

RFID is one of the driven technologies of the Internet of Things, and being used in solutions in order to increase process efficiency, improve compliance deadlines, reduce costs and increase revenue. Innovation with RFID in the metallurgy industry, materials and mining are at an early stage, but in rapid evolution and adoption. This work uses an integrative review methodology to assess which are the cases of automation RFID successfully employed in this sector. Also presents the main types of RFID, uses, and good implementation practices, as well as a survey of the work in technical and scientific journals over the last ten years on this subject.

Keywords: RFID; Metallurgy; Mining; Automation; IoT.

¹ Engenheiro Eletricista, Centro de Tecnologia da Informação, Automação e Mobilidade do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Brasil.

² Engenheiro Eletricista, Centro de Tecnologia da Informação, Automação e Mobilidade do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Brasil.

³ Mestre em Ciência da Computação, Centro de Tecnologia da Informação, Automação e Mobilidade do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Brasil.

⁴ Doutor em Engenharia Elétrica, Centro de Tecnologia da Informação, Automação e Mobilidade do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias de informação e comunicação (TIC) têm viabilizado diversos tipos de inovação na indústria, de forma a aperfeiçoar processos, minimizar custos e melhorar a eficiência de produção. Uma das linhas de pesquisa em TIC envolve o conceito de Internet das Coisas (*IoT - Internet of Things*), que é um conceito relativamente novo e ainda em evolução. Conseqüentemente, existem definições de diversos autores. Uma das definições mais aceita, define IoT como uma infraestrutura e seus objetos ou coisas, os quais são legíveis (*readable*), reconhecíveis (*recognizable*), localizáveis (*locatable*), endereçáveis (*addressable*) e controláveis (*controllable*) através da Internet [1].

Neste sentido, a indústria se beneficia deste conceito, quando algumas tecnologias tornam-se impulsionadoras e aplicáveis para a automação e o aperfeiçoamento do controle de qualidade e redução de custos de produção. Uma destas tecnologias é a identificação por radiofrequência (*Radiofrequency Identification - RFID*), que é utilizada em diversos setores da indústria para aumentar a eficiência dos processos, melhorar o cumprimento de prazos, reduzir despesas e aumentar receitas.

Os sistemas tradicionais de RFID (Figura 1), de forma geral, são constituídos de etiquetas (*tags*), que contém um código identificador, que é transferido para um leitor por rádio frequência, que processa as informações e encaminha via redes de computador para um software *middleware*, que é responsável pela integração com sistemas de gerenciamento.

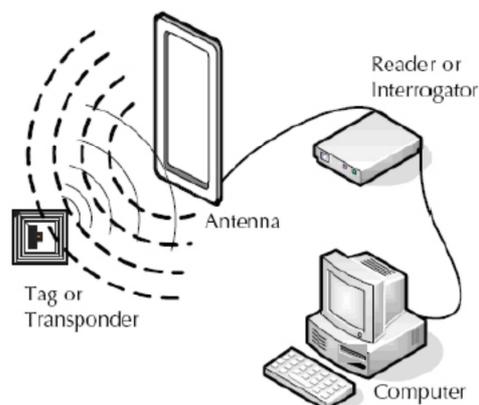


Figura 1 - Tradicional composição e componentes de sistemas de RFID

Os componentes básicos de um sistema RFID são:

- A *tag* é constituída de antena, impressa sobre um *inlay*, e um microchip responsável por armazenar as informações e comandos, além de enviar e receber estes comandos. A *tag* pode possuir alimentação por bateria, sendo denominada ativa ou semi-passiva, ou sem alimentação, sendo denominada passiva. A *tag* pode ser encapsulada em diversos materiais, conforme a necessidade da aplicação;
- O leitor é o equipamento responsável por enviar comandos para a *tag*, e processar a resposta enviada com a informação;
- As antenas, que é conectada ao leitor, são responsáveis por enviar e receber o sinal de radiofrequência para a *tag*;
- O software *middleware* é responsável por receber as informações coletadas pelo leitor e encaminhar às aplicações legadas da empresa.

No Brasil, o RFID pode operar nas frequências de 125 kHz, 13,56 MHz, 902 a 907 MHz, 915 a 928 MHz, 2,45 GHz e 5,8 GHz. A ANATEL regulamenta o uso destas frequências, não sendo permitido utilizar uma potência de interrogação superior a 1 W, devendo utilizar a técnica de espalhamento espectral por salto em frequência (*Frequency Hopping Spread Spectrum – FHSS*) para transmitir e receber informações.

As soluções que utilizam RFID são aplicadas em diversos setores, sendo um fator crítico para o sucesso da solução, a escolha do tipo de RFID utilizado. Sendo assim, alguns tipos são padronizados e com características funcionais bem definidas. A Tabela 1 apresenta alguns dos tipos, padrões e utilizações associados.

Tabela 1. Tipo, padrões e principais usos.

Tipo	Padrão	Utilização
RFID UHF	As normas da série ISO/IEC 18000 definem o padrão de utilização da comunicação RFID para identificação de itens na faixa de frequência entre 860 e 960 MHz (esta faixa de frequência abrange a utilização na Europa e Brasil). Estas normas são baseadas no padrão <i>EPC Global Class 1 Gen 2</i> , definido pela EPC Global.	Este padrão é utilizado para identificação de objetos em vários segmentos, como varejo, indústria, educação, etc.
RFID – identificação veicular brasileiro	A norma ISO/IEC 18000-63 define o padrão de utilização da comunicação RFID para identificação veicular no Brasil. Esta norma também é baseada no padrão <i>EPC Global Class 1 Gen 2</i> , definido pela EPC Global	Este padrão serviu de base para o protocolo utilizado na comunicação do sistema de arrecadação de pedágio adotado no estado de São Paulo pela ARTESP, e no sistema de identificação automática de veículos – SINIAV, adotado pelo DENATRAN.
SmartCards sem contato	A norma ISO/IEC 14443 define o padrão de utilização da comunicação RFID para cartões de proximidade sem contato na faixa de frequência de 13,56 MHz.	Este padrão é utilizado em sistemas de controle de acesso e no Bilhete Único, que é usado para a cobrança de tarifas do transporte público do município de São Paulo.
NFC	A norma ISO/IEC 18092 define o padrão de utilizado da comunicação RFID para cartões de vizinhança para comunicação de campo próximo (<i>Near Field Communication – NFC</i>).	Sendo ainda utilizado para comunicação entre <i>smartphones</i> , <i>tablets</i> e cartões eletrônicos para micro pagamentos.
Tag em animais	A norma ISO 14223 define o padrão e estrutura para tag em animais.	Utilizados para rastreabilidade de carne bovina, para fins de exportação em mercado europeu (SISBOV).

A implantação de RFID deve levar em consideração as condições de instalação dos leitores, o posicionamento das antenas, o modelo da etiqueta, o material que será identificado pelas etiquetas. Tão importante quanto os fatores anteriores é a maneira pela qual a etiqueta será afixada no material e como será o processo operacional para realização das leituras das etiquetas.

De forma geral, um caso de sucesso segue modelos de boas práticas de implementação de soluções de RFID, onde se destacam os passos descritos na Figura 2. Inicialmente, o estudo de viabilidade deve ser executado para estimar se os benefícios previstos compensam os recursos a ser investido, bem como os aspectos de sustentabilidade financeira, operacional e ambiental. Posteriormente, os processos envolvidos devem ser mapeados em detalhe para que se tenha uma

melhor compreensão dos cenários onde o RFID será envolvido e avaliar quais modificações no processo são necessárias. Após isso, inicia-se o processo de seleção de produtos, fornecedores ou parceiros. Nesta fase, já é possível ter uma maior exatidão no dimensionamento dos custos envolvidos, inclusive permitindo evoluir para um projeto Piloto. Ao final do projeto piloto, é possível identificar os pontos em necessidade de melhoramentos e ajustes finos, antes de prosseguir para a implantação final. Por fim, o treinamento de equipe, com a transferência de conhecimento, é fundamental para que a manutenção e gestão da solução de RFID seja um caso de sucesso.

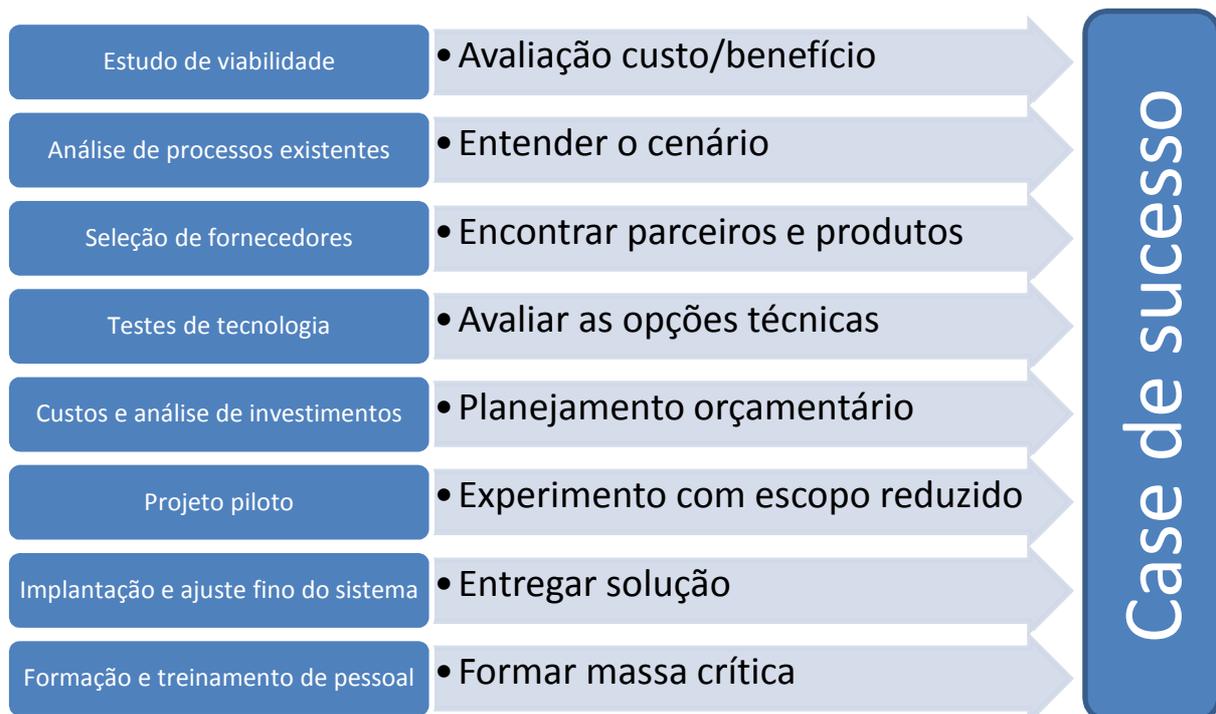


Figura 2. Boas práticas de implementação de Soluções RFID

Com base nas boas práticas e usos de RFID, nos deparamos com o questionamento de como a indústria de metalúrgica, materiais e de mineração está trabalhando com esta tecnologia e quais são os casos relatados em estudos técnicos científicos nos últimos anos. Neste sentido, este trabalho pretende apresentar uma revisão integrativa, dos principais casos do uso de RFID na indústria relatados em artigos e revistas técnicas de engenharia e computação.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A revisão integrativa é um método que proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação de aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática [2]. A metodologia envolve 6 Fases conforme descritas na Figura 3.

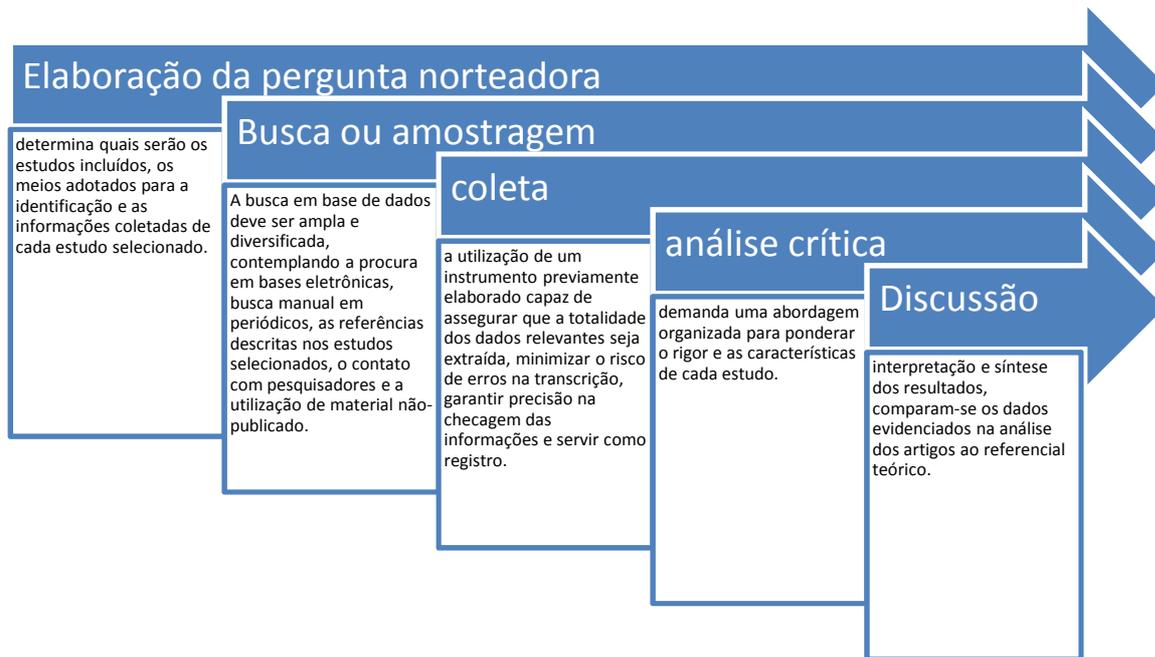


Figura 3 – Fases da Revisão Integrativa

Este trabalho trata-se de uma revisão integrativa, que foi realizado por meio de levantamento bibliográfico e baseado na experiência vivenciada pelos autores.

Seguindo o conceito da revisão integrativa, o mapeamento neste documento foi dividido em 4 etapas: Elaboração da pergunta norteadora, Busca, Análise Quantitativa, Análise Qualitativa.

A pergunta norteadora definida foi:

“Quais são os casos de sucesso de soluções de *RFID* na automação da indústria metalúrgica, onde e para que são utilizados?”

Com base na pergunta norteadora foram selecionadas as palavras chave de acordo com os seminários da ABM WEEK 2015, que foram: *metallurgy, drawing, energy balances, industrial gases, mining, melt shop, iron ore*. Com as palavras selecionadas, juntamente com a palavra essencial “*RFID*”, foram realizadas buscas na literatura dentro das principais bases acadêmicas (IEEE Xplorer, ACM, Google Scholar).

3 RESULTADOS

Os resultados são apresentados por fase de execução sendo que o diagrama resumo com estas fases é apresentado na Figura 4.

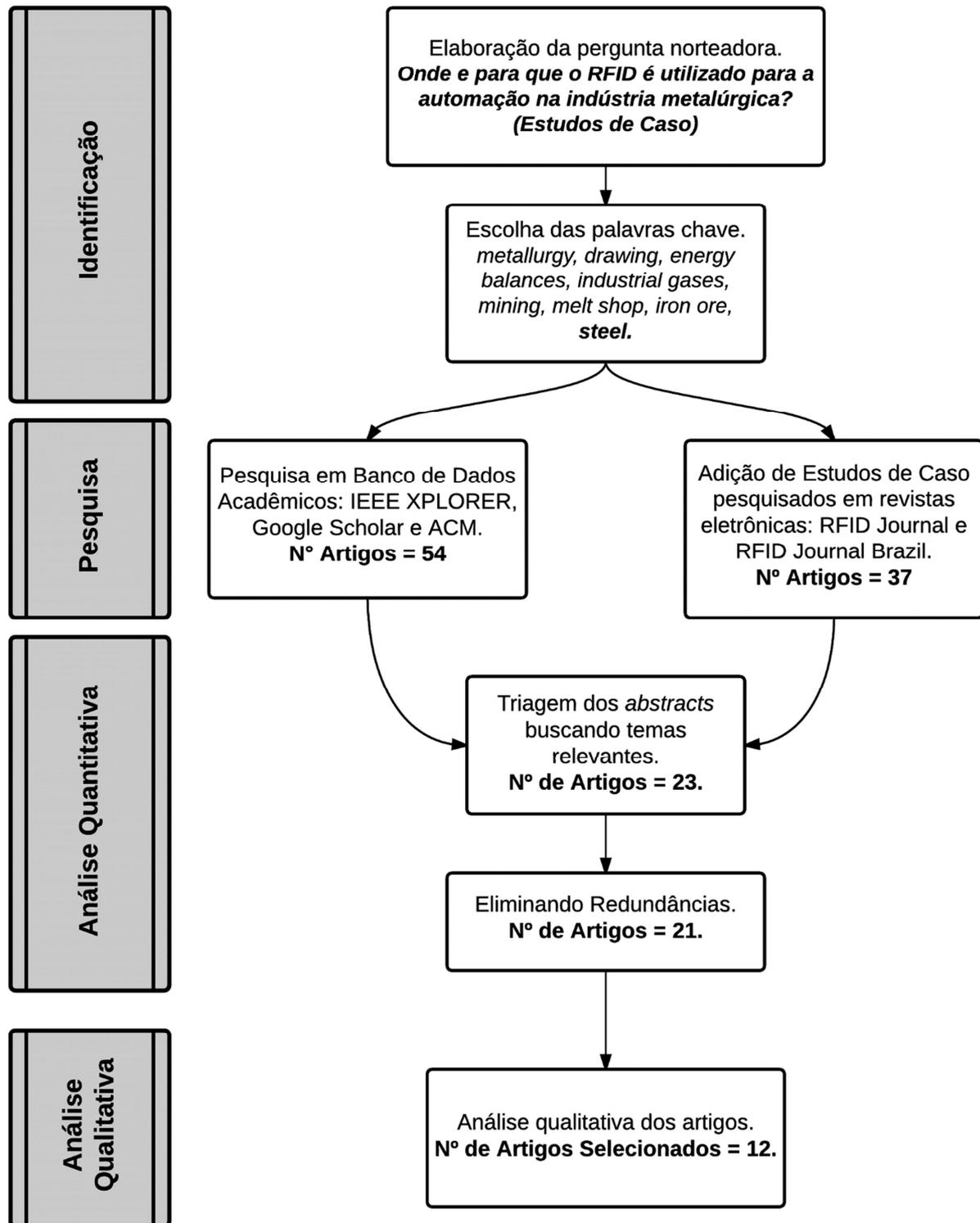


Figura 4 - Diagrama com as etapas do levantamento bibliográfico.

3.1 Buscas

A busca realizada com as palavras chaves definidas nos materiais e métodos geraram um volume de 4.231 artigos. Apesar do grande número de artigos encontrados, notou-se que os resultados tinham pouca relevância com a pergunta norteadora. Tendo isso em vista, uma análise inicial dos poucos resultados

relevantes, observou-se a recorrência de uma nova palavra-chave, *steel*. Esta foi incorporada as pesquisas e encontrou-se um volume de 91 artigos, para a análise qualitativa. O resultado desta nova pesquisa se encontra na Tabela 2.

Tabela 2 – Pesquisas com palavras chave nas principais bases acadêmicas.

Base de Dados	Palavras Chave	Nº de Artigos	Nº Artigos Relevantes
IEEE Xplorer	RFID, Steel.	26	5
ACM	RFID, Steel.	0	0
Google Scholar	RFID, Steel.	28	8

Adicionalmente, foram realizadas pesquisas em revistas eletrônicas, que apresentam estudos de caso na área de *RFID*. A Tabela 3 apresenta os resultados destas pesquisas adicionais.

Tabela 3 - Pesquisa na literatura em bases adicionais

Base de Dados	Palavras Chave	Nº de Artigos	Nº Artigos Relevantes
RFID Journal Brazil	RFID, Steel	21	7
RFID Journal	RFID, Steel	16	3

3.2 Análise Quantitativa

Na pesquisa bibliográfica foram selecionados 91 artigos. Com a finalidade de refinar nossa pesquisa, foi realizada uma triagem dos *abstracts* para selecionar os artigos que poderiam auxiliar na resposta da pergunta norteadora. Esta triagem foi realizada em cada base acadêmica e o resultado pode ser visto na coluna 4 das tabelas 2 e 3. Como resultado final, eliminando os artigos redundantes entre as bases, restou 21 artigos.

3.3 Análise Qualitativa

Os 21 artigos foram analisados pelos autores e os que não apresentaram relevância nesse estudo foram eliminados, resultando em 12 artigos finais. Alguns dos trabalhos apresentaram mais de uma área de concentração, em sua maioria utilizando *RFID* para controle de qualidade, produção e inventário.

O trabalho [3] apresenta o uso de tags *RFID* com sensores que monitoram a temperatura de equipamentos de perfuração, permitindo o controle do tempo de aquecimento e resfriamento destes equipamentos, reduzindo o desgaste do equipamentos e evitando paradas inesperadas. O trabalho [4] apresenta o uso de *RFID* para controlar os níveis de produção das minas e concentração de minérios extraídos. Os trabalhos [3] e [4] apresentam estudos para controle de qualidade com uso de equipamentos *RFID*.

[5] apresenta o uso de *RFID* para reduzir a burocracia e agilizar o processo de produção e inventário da indústria pesada. [6] apresenta o uso de *RFID* para controle de produção de tubos de aço. [7] apresenta o estudo de utilização de *RFID* para controle de produção e inventário de produtos da indústria metalúrgica, em que tags são instaladas nas peças durante o processo de produção e ao final são identificadas por lotes. [8] apresenta o estudo para utilização de *RFID* e o gerenciamento de dados na indústria de transformação de aço.

[9] apresenta o projeto de tag *RFID* para identificação de bobinas de aço no processo de produção. [10] apresenta o uso de *RFID* na identificação de bobinas de

ação de pequenas indústrias com os desafios da indústria metalúrgica para utilização de RFID. [11] apresenta a utilização de tags UHF EPC para rastreamento na indústria de aço. Os trabalhos [5-8,10,11] apresentam estudos para a utilização de RFID no processo de produção e inventário.

O trabalho de [12] apresenta o uso de RFID e *Real-time locating systems* (RTLS) para rastreamento de mercadorias entre o porto e os armazéns. As tags ativas registram data e hora das movimentações e permite um controle mais efetivo do que está sendo transportado, sem a necessidade de inspeção manual a cada ponto de controle. Está relacionado ao processo logístico.

O trabalho de [13] apresenta o uso de tags RFID para controle de produção, identificando os produtos em circulação na empresa, e para controle de qualidade, garantindo o peso correto nos recipientes com produtos finalizados. (Bob Violino, 2014) [14] apresenta a utilização de RFID para rastreamento de produção da indústria de rastreamento de minérios. [15] apresenta uma tag para monitoração de gases tóxicos em ambiente de produção. Os trabalhos [13-15] estão relacionados ao controle de qualidade, processo de produção e inventário.

4 DISCUSSÕES

Nos artigos selecionados, foi observada a utilização da tecnologia RFID em algumas áreas bastante distintas do ambiente industrial. As áreas de utilização encontradas foram controle de qualidade, processo de produção e inventário e logística.

O número de trabalhos para cada área de concentração foram:

- Controle de qualidade: 6 trabalhos;
- Produção e inventário: 10 trabalhos;
- Logísticas: 4 trabalhos.

A tabela 4 apresenta a classificação de cada artigo selecionado.

Tabela 4 – Classificação dos artigos selecionados.

Artigos	Qualidade	Processo de Produção	Logística
(3)	X		
(4)	X		
(5)		X	
(6)		X	
(7)		X	
(8)		X	
(9)		X	X
(10)		X	
(11)	X	X	
(12)			X
(13)			X
(14)	X	X	

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, os trabalhos apresentaram mais de uma área de concentração, em sua maioria utilizando RFID para o controle de qualidade, produção e inventário. Neste sentido os trabalhos avaliados revelam que as três áreas são as mais exploradas, e cabe uma reflexão de que forma o RFID poderá aumentar a eficiência de outras áreas dentro da área da indústria metalúrgica e de mineração.

Adicionalmente, notou-se a ausência de pesquisas que abrangessem a padronização de toda ou parte da cadeia de produção do setor metalúrgico até atingir e incluir outras indústrias de bens de consumo e bens de produção. Em outras palavras, se indústrias fossem planetas, existem pouco ou nenhum esforço sendo dirigido a padronização do sistema solar, inexistindo para as galáxias e o todo o universo de indústrias. Este tipo de padronização é importante para a redução do custo total de propriedade para a cadeia produtiva, o qual tem profundo impacto na competitividade da Indústria Brasileira.

REFERÊNCIAS

- 1 Ning H. Cyber-Physical-Social Based Security Architecture for Future Internet of Things. *Advances in Internet of Things*. 2012. p. 1–7.
- 2 Souza MT De, Dias M, Carvalho R De. Revisão integrativa : o que é e como fazer. 2010;8:102–6.
- 3 Oilfield Services Company incorpora RFID em perfurações - RFID Estudos de Caso - RFID Journal Brasil [Internet]. RFID Journal Brasil. 2013 [cited 2015 Apr 15]. Available from: <http://brasil.rfidjournal.com/estudos-de-caso/vision?10942/>
- 4 Minerando Novo Valor de RFID - RFID Estudos de Caso - RFID Journal Brasil [Internet]. RFID Journal Brasil. 2011 [cited 2015 Apr 15]. Available from: <http://brasil.rfidjournal.com/estudos-de-caso/vision?8902>
- 5 Indústria pesada adota solução de RFID e se livra da papelada para gerenciar cadeia de suprimentos - RFID Estudos de Caso - RFID Journal Brasil [Internet]. RFID Journal Brasil. 2011 [cited 2015 Apr 15]. Available from: <http://brasil.rfidjournal.com/estudos-de-caso/vision?9057>
- 6 Access This Premium Content - RFID Journal [Internet]. RFID Journal. 2014 [cited 2015 Apr 15]. Available from: <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=11849&r=%2Farticles%2Fview%3F11849%2F5>
- 7 Kovavisaruch LO, Laochan P. The study of deploying RFID into the steel industry. *PICMET Portl Int Cent Manag Eng Technol Proc*. 2009;3391–7.
- 8 Sanpechuda T, Wisanmongkol J, Kovaviraruch L, Wisadsud S, Wongsatho T, Chaiwongyen a., et al. A case study of RFID data management in steel transform company. *Technol Manag Glob Econ Growth (PICMET)*, 2010 Proc PICMET '10. 2010;
- 9 Kuo SK, Chen SL, Lin CT. Design and development of RFID label for steel coil. *IEEE Trans Ind Electron*. 2010;57(6):2180–6.
- 10 Liang Q, Fan Y, Yao H. Study on Influences Analysis of RFID and Application in Midget Coil Warehouse. 2013 IEEE 7th Int Symp Embed Multicore Socs [Internet]. 2013;(1):183–7. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6657927>
- 11 ThyssenKrupp to Use EPC UHF Tags to Track Steel - RFID Journal [Internet]. RFID Journal. 2007 [cited 2015 Apr 15]. Available from: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?3306/>
- 12 Etiquetas eletrônicas ativas aceleram carregamentos em Taiwan - RFID Estudos de Caso - RFID Journal Brasil [Internet]. RFID Journal Brasil. 2011 [cited 2015 Apr 15]. Available from: <http://brasil.rfidjournal.com/estudos-de-caso/vision?8938/>
- 13 Metalúrgica melhora sua produção de peças com RFID - RFID Estudos de Caso - RFID Journal Brasil [Internet]. RFID Journal Brasil. 2012 [cited 2015 Apr 15]. p. 3. Available from: <http://brasil.rfidjournal.com/estudos-de-caso/vision?9814/>
- 14 A maior mina de ouro da Europa rastreia minério - RFID Estudos de Caso - RFID Journal Brasil [Internet]. RFID Journal Brasil. 2014 [cited 2015 Apr 15]. Available from: <http://brasil.rfidjournal.com/estudos-de-caso/vision?11739>
- 15 Woo KHE; SL; K-HH; J. A Design of Smart RFID System for Toxic Gases Monitoring [Internet]. [cited 2015 Apr 15]. Available from: http://www.sersc.org/journals/IJSH/vol8_no5_2014/15.pdf