



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Industrial 4.0

ANDREÉLY DE MATOS RAYMUNDO
FERNANDA RODRIGUES BATISTA
LOUISE GABRIELLY ZIMMERMANN
POLLYANA DE SOUZA GONÇALVES

IOT MANAGEMENT SOLUTIONS – UMA APLICAÇÃO NA
INDÚSTRIA DE CIMENTOS

CURITIBA
2020

ANDREÉLY DE MATOS RAYMUNDO
FERNANDA RODRIGUES BATISTA
LOUISE GABRIELLY ZIMMERMANN
POLLYANA DE SOUZA GONÇALVES

**IOT MANAGEMENT SOLUTIONS – UMA APLICAÇÃO NA
INDUSTRIA DE CIMENTOS**

Dissertação apresentada como resultado parcial à
obtenção do grau de especialista em Engenharia
Industrial 4.0. Curso de Pós-graduação em
Engenharia Industrial 4.0, Setor de Tecnologia,
Universidade Federal do Paraná.

**CURITIBA
2020**

RESUMO

Com o desenvolvimento da indústria 4.0, empresas serão capazes de customizar produtos e serviços de forma lucrativa, de acordo com as características exigidas pelos clientes, flexibilizando sua produção as alterações no produto poderão acontecer em qualquer etapa, reduzindo assim o retrabalho. Ao conectar coisas e objetivos a Internet, a IoT, permite que seja adicionada inteligência a diferentes tipos de aplicações e negócios. As etapas da cadeia de valor que pode ser gerada por essa tecnologia vão desde a coleta de dados, através de sensores, até a análise para uma possível tomada de decisão. Nas indústrias cimenteiras, grande parte do processo produtivo é manual, o que gera uma variabilidade grande nos dados de produção e por consequência previsões de demanda equivocadas. O objetivo desse trabalho é propor o desenvolvimento e implantação de um serviço IOT Management, através da utilização de sensores ao longo de toda a cadeia, conectividade entre os diversos dispositivos, tratamento e armazenagem da massa de dados. Monitoramento on time visando a garantia de padrão de qualidade dos produtos/processos e base de informações atualizadas para decisões estratégicas. Maior probabilidade de assertividade do forecast da Organização, visto que, tendo dados mais acurados e consequentemente indicadores mais precisos; as previsões em relação a custos e investimentos sofrerão impactos positivos em relação ao quadro anterior às alterações.

Palavras chave: Indústria 4.0. Produção de Cimento. Sensores. IOT. Big Data. Analytics.

1. INTRODUÇÃO

A indústria 4.0 congrega máquinas inteligentes, análise computacional avançada e trabalho colaborativo entre pessoas conectadas, proporcionando eficiência operacional ao longo de toda a cadeia de produção e logística. Tudo que faz parte internamente ou está ao redor de uma planta industrial se mantém conectado digitalmente, o que resulta em uma cadeia de valor altamente integrada e automatizada.

Esse tipo de indústria é especialmente caracterizado pela descentralização do controle dos processos produtivos. A aproximação entre os meios biológico e físico (pessoas e máquinas) do meio digital (softwares) possibilita a criação de sistemas operacionais em que os aparelhos conseguem se comunicar e trabalhar de maneira autônoma, sem interferência humana. Esses sistemas podem também se auto ajustar automaticamente, prevenindo falhas e correções, de forma a evitar prejuízos à produção.

Outra característica importante da Indústria 4.0 é sua capacidade de aproximar-se ainda mais do consumidor. A automação favorece o aumento da produtividade, garantindo maior volume e menor tempo na produção em massa dos bens de consumo. Ao mesmo tempo, abre portas para que as indústrias possam atender com a mesma eficiência e rapidez nichos específicos de mercado, mediante a produção de bens customizados e com maior valor agregado.

A indústria 4.0, está proporcionando que diversas empresas comecem a dar passos relevantes na implementação de tecnologias nos processos industriais. Mesmo sendo um setor bastante tradicional, a construção civil tem permitido mudanças significativas em prol do aumento da produtividade e de redução de custos. Não à toa, as construtechs têm ampliado suas atuações em obras e, atualmente, as inovações também podem ser vistas em fábrica de cimento.

Para melhorar sua produtividade, aumentar a qualidade dos seus materiais e evitar perdas financeiras em fábrica, as indústrias têm atuado na implementação de diversas soluções que envolvem inteligência artificial, robótica e análise de dados. Em algumas fábricas, por exemplo, já existem iniciativas funcionando e trazendo resultados positivos para a área de manutenção atuando de forma preventiva e evitando que problemas sérios possam parar o funcionamento de suas máquinas.

A produção da indústria cimenteira só vem aumentando nos últimos anos no Brasil, em decorrência de vários fatores, como o crescimento econômico do país e o aumento de renda dos brasileiros, bem como a expansão das políticas públicas de infraestrutura, habitação e de grandes eventos nacionais.

O controle produtivo manual existente em algumas unidades brasileiras, pode ser justificada pela idade dessas unidades fabris com o surgimento da maioria dos grupos produtores de cimento hoje existente no país, no período entre 1930 e 1960 (Battagin, 2016).

É comum nos dias de hoje, as dificuldades e barreiras que essas empresas encontram para obter ganhos de produtividade e reduções de custos. Uma dessas barreiras é a administração eficiente dos próprios recursos produtivos, que cada vez mais se faz necessária frente às inúmeras pressões do mercado que desejam os produtos e/ou serviços sempre com mais agilidade na entrega, qualidade e certamente preços reduzidos.

As reduções de custos e aspectos financeiros muitas vezes já não refletem mais como os principais causadores das crises, porém percebe-se que muitos dos fatores que levam a isso estão relacionados principalmente a problemas de produtividade e má gestão dos recursos produtivos da própria organização. Uma vez bem

gerenciados, trazem grandes benefícios como: ganhos de produtividade, maior aproveitamento desses recursos produtivos e, por consequência, levam a uma redução nos custos e aumento da produtividade.

A eficiência na gestão de estoque, que representa de forma precisa e apurada, a quantidade física e sistêmica de materiais é vital, uma vez que reproduz um elevado investimento de capital. Entretanto, gerenciar seus estoques, definir como e quando estocar seus produtos de tal forma que maximize os lucros e minimize prejuízos é um grande desafio enfrentado pelas organizações produtivas.

O problema, muitas vezes, encontra-se em como mensurar tudo isso através de indicadores confiáveis, visto que muitas empresas nem possuem tais indicadores ou quando têm são defasados, desatualizados ou incoerentes, não conseguindo gerenciar os resultados de maneira correta e eficaz.

Apesar de cada vez mais presente no ambiente produtivo e considerarmos o surgimento de uma nova Revolução Industrial, diante de toda essa conectividade advinda das aplicações de IOT, o cenário das indústrias de cimento estão longe dessa realidade. Falta de agilidade e confiabilidade dos dados, medições feitas manualmente, imprecisas, atrasos recorrentes tanto em pedidos quanto no reabastecimento, dificuldade para auditoria do consumo de clientes, são alguns dos problemas enfrentados hoje no setor, carente de uma atualização e modernização nos métodos de planejamento, controle e de produção.

Segundo uma previsão da *International Data Corporation (IDC)* (Seginfo, 2019), em 2025 estima-se cerca de 41,6 bilhões de dispositivos conectados a IOT, apresentando uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 28,7% no volume de dados gerados. No setor industrial e automotivo, espera-se um crescimento ainda mais acelerado, próximos aos 60%. A base de dispositivos conectados passará de 508,7 milhões para 755,1 milhões, um aumento de 48%, e a velocidade média por conexão deverá passar de 16,9 Mbps (2018) para 69,4 Mbps (2023) (Mobiletime, 2019).

Do ponto de vista financeiro, acredita-se que até 2025, IOT deve gerar uma receita mundial entre US\$ 3,9 trilhões e US\$ 11 trilhões, contribuindo para até 11% do PIB mundial. O Brasil aparece em 9º lugar com um potencial de mercado estimado em US\$ 70 bilhões até 2022 (Idrconsultoria).

Diante desse cenário, as empresas que pretendem permanecer vivas e competitivas no mercado atual, precisam se abrir a inovação, investir em automação, conectividade e informação de qualidade, tomando suas decisões embasadas em fatos ou serão engolidas.

Para suprir essas necessidades e se manterem competitivas, as empresas vem investindo cada vez mais em novas tecnologias, incorporando os princípios da Indústria 4.0 (Silveira, 2017) em seus processos como: operação em tempo real, virtualização, descentralização, orientação a serviços, modularidade e interoperabilidade.

Os principais benefícios dessas soluções advêm do fato de serem escaláveis, flexíveis e fáceis de integrar, melhorando assim a produtividade, reduzindo os custos e o consumo de energia, além de ampliar a segurança e informar o desempenho, através da redução do tempo de parada de sistema devido à diagnóstico detalhado por equipamento para defeitos e falha, prevenção de paradas com a inclusão de temporizadores para alertar sobre situações críticas de produção, disponibilização dos dados de produção online com acesso remoto.

Nesse sentido, inicialmente será realizado o sensoriamento, eliminando todas as ações manuais de coleta de informações possíveis ao longo do processo. Para a medição do nível de produto dentro dos silos, por se tratar de um sólido, optou-se pela instalação de um modelo de sensor ultrassônico, garantindo maior precisão na medição. Essas informações precisam se comunicar ao longo de toda a planta, percorrendo longas distâncias, para essa aplicação as tecnologias mais indicadas são a ZIGBEE ou WI-FI por possuírem um alcance superior a 100m e uma bateria com duração aproximada de um mês.

Realizado o sensoriamento e a conexão de todas as variáveis essenciais ao processo, essas informações serão transferidas para uma base de dados, ou um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD). Permitindo a identificação e ajuste automático de inconformidades do processo de maneira ágil. Por se tratar de um volume muito alto de dados provenientes de diversos sistemas paralelos, faz-se necessário uma ferramenta robusta que permita trabalhar com volume, velocidade, variedade, veracidade e valor. Com a utilização do *Big Data*, uma gama infinita de possibilidades de correlações entre essas informações torna-se possível em todos os níveis da Organização. Porém, é necessário investimentos tanto em infraestrutura, quanto em mão de obra qualificada para usufruir ao máximo todo seu potencial.

Por fim, através da utilização de ferramentas de BI é possível consolidar essas informações, garantindo a disponibilidade das mesmas para apoio a tomada de decisão, implementar uma gestão visual em todos os níveis do negócio, através de dashboards interativos com informação atualizada em tempo real por setor, bem como a possibilidade de acompanhamento online através de dispositivos mobile.

Com isso, o departamento de *Supply Chain* pode atuar de maneira mais estratégica e assertiva, tanto no abastecimento de matéria prima quanto no escoamento de produto acabado, realizando um planejamento de rotas mais eficiente, garantindo um aproveitamento melhor do modal de transporte, um custo reduzido e lead time atrativo ao mercado.

Dentro desse contexto, o objetivo desse trabalho está no desenvolvimento e implementação de um serviço de IOT Management aplicado a indústria de produção de cimento, capaz de automatizar a coleta de dados, transformando-os em informação para controle de processos e apoio a tomada de decisões estratégicas. Com o intuito de obter informação de qualidade, os seguintes passos foram adotados:

- Implantação de sensores em toda a cadeia
- Conexão de todos os dispositivos
- Coleta de dados
- Tratamento de dados
- Dashboards para gestão

O estudo proposto busca ganhos que atinjam toda a cadeia de valor da indústria analisada, sendo estes:

- Maior segurança operacional, eliminando parte do trabalho em altura;
- Aumento de lucratividade, reduzindo despesas desnecessárias com movimentações de produto e otimização de rotas logísticas;
- Aumento de qualidade no produto final garantindo a mistura mais precisa do cimento;
- Aumento da produtividade da planta, através da coleta de dados automatizada e envio de informações em tempo real;
- Integração das informações entre departamentos, garantindo maior agilidade e assertividade na tomada de decisão;

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão abordados os conteúdos técnicos utilizados como base para o desenvolvimento do projeto, como conceitos de Indústria 4.0 e suas ferramentas de aplicação, o processo de fabricação do cimento e conceitos logísticos pertinentes ao estudo.

2.1 Indústria 4.0

A primeira revolução industrial iniciou-se em meados do século XVIII, marcada como a revolução das máquinas, suas principais contribuições foram a invenção do motor a vapor e o primeiro tear programável. De acordo com Ricardo Dathein (2003), o motor de Watt impulsionou os meios tecnológicos da humanidade, possibilitando as fábricas que até então tinham de ficar a margem dos rios de poderem se deslocar para próximas dos centros comerciais trazendo consigo um aumento na produção e, conseqüentemente, no lucro dessas indústrias. A figura 1 ilustra as principais revoluções industriais vividas pela humanidade bem como seu legado.

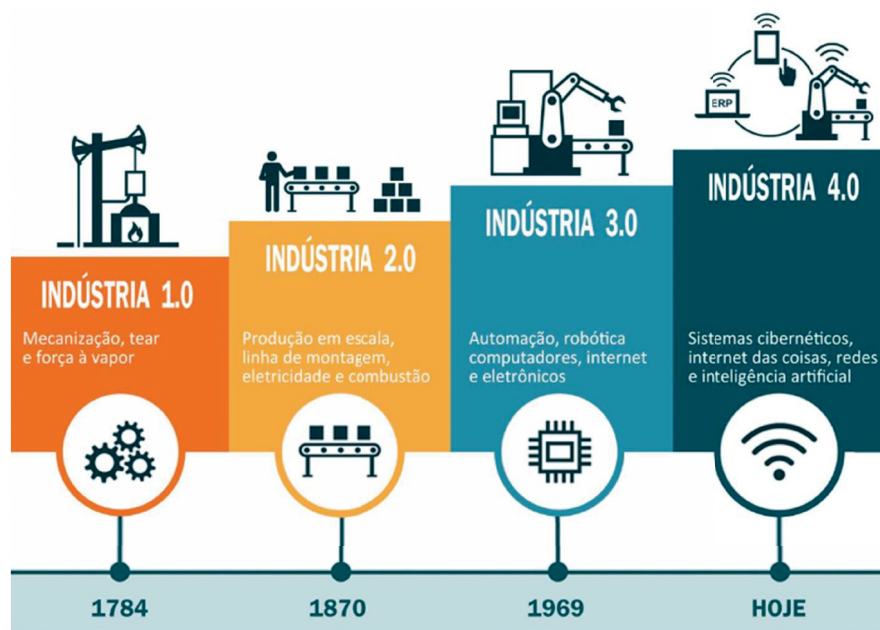


Figura 1. As 4 Revoluções Industriais (Painellogístico,2019)

O termo Indústria 4.0 foi usado pela primeira vez em uma feira em Hannover, Alemanha, em 2011, marcado por inovações tecnológicas no campo da automação industrial por meio da transformação digital. Segundo Silveira (2017), a Indústria 4.0 é um conceito proposto recentemente que engloba inovações tecnológicas dos campos de automação, controle e tecnologia da informação, aplicadas a processos de manufatura. Reforça também que conectando máquinas, sistemas e ativos, criam-se redes inteligentes possibilitando o controle dos módulos de produção de forma autônoma.

Segundo Gasparret e Souza (2018) com o desenvolvimento da indústria 4.0, empresas serão capazes de customizar produtos e serviços de forma lucrativa, de acordo com as características exigidas pelos clientes, flexibilizando sua produção as alterações no produto poderão acontecer em qualquer etapa, reduzindo assim o retrabalho.

Sobre os princípios da Indústria 4.0 Silveira (2017) explica que existem seis, de extrema importância e que devem ser seguidos para a implementação da quarta revolução industrial, são eles:

- Capacidade de operação em tempo real - Aquisição e tratamento de dados em tempo real, fator que possibilita que decisões sejam tomadas em tempo real;
- Virtualização: essa moderna proposta industrial possui uma cópia virtual das fábricas inteligentes, permitindo assim a rastreabilidade e o monitoramento remoto;
- Descentralização: as decisões podem ser feitas pelo sistema *cyber-físico*, como forma de atender as necessidades de produção em tempo real.
- Orientação de Serviços: utilização de arquiteturas de software orientadas a serviços aliado ao conceito de *Internet of Services*;
- Modularidade: produção de acordo com a demanda, acoplamento e desacoplamento de módulos na produção. Essa mobilidade permite alterar as tarefas das máquinas facilmente.
- Interoperabilidade: Capacidade dos sistemas *cyber-físicos* (suporte de peças, postos de reunião e produtos), humanos e fábricas inteligentes comunicar-se uns com os outros por intermédio da internet das Coisas e da Internet.

2.1.1 Internet das Coisas

O termo Internet das Coisas foi utilizado pela primeira vez no estudo para aplicação de etiquetas RFID em um sistema de produção por Kelvin Ashton em 1999. No entanto, décadas antes disso, a aplicação de sensores na área industrial já ocorria e a internet podia ser observada a nível global. A junção da internet a objetos foi possível graças aos avanços tecnológicos, permitindo a diminuição física de dispositivos de controle e rede, além da redução dos custos, tornando cada vez mais competitiva esse tipo de solução (Leite et. al., 2017).

Ao conectar coisas e objetivos a Internet, a Internet das coisas, ou IoT, permite que seja adicionada inteligência a diferentes tipos de aplicações e negócios, como por exemplo: automação residencial, vestuário, logística, indústrias, setor de energia e outros negócios. As etapas da cadeia de valor que pode ser gerada por essa tecnologia vão desde a coleta de dados, através de sensores, até a análise para uma possível tomada de decisão.

Os sensores podem ser utilizados para medir uma variável física (pressão, nível, vazão, temperatura), convertendo o sinal medido em um sinal mecânico ou elétrico (tensão ou resistência elétrica) de fácil manipulação. Dentre as diversas variáveis a serem medidas, monitoradas e controlados na área industrial, está o nível de um produto dentro de um reservatório, silo ou tanque, podendo este conter mais de uma fase (líquido, sólido, gasoso). A seleção adequada do sensor é necessária para garantir a qualidade da informação levantada, levando em consideração o ambiente ao qual o sensor é exposto, faixa de medição, precisão, confiabilidade, materiais de construção compatíveis com os produtos do processo, entre outras considerações. São apontadas como tecnologias mais adequadas para medições de nível de produtos sólidos os medidores sônicos e ultrassônicos. Os sensores com estas características emitem um sinal ultrassônico, que ao entrar em contato com uma superfície (produto) é refletido novamente para o receptor. Ao avaliar o tempo de retorno do sinal para o receptor, é estimada a distância entre o emissor e o produto (Ribeiro, 2005).

Tão importante quando a coleta adequada de dados através dos sensores é a rede constituída através deles (arquitetura) e protocolos de comunicação. A Internet das Coisas buscou utilizar tecnologias abertas, de fácil aplicação, custos reduzidos e consolidadas, tais como: Ethernet, WIFI, Ad-Hoc, ZIGBEE, *Bluetooth*, RFID (*Radio-Frequency Identification*), WSS (*Wireless Signal Solutions*) e Rede de Sensores (Leite et. al., 2017). A Tabela 1 compila as características das principais tecnologias.

Tecnologia	Padrão	Frequência	Corrente	Faixa	Bateria	Topologia	Nós
NFC	ISO/IEC 18092	424 [Kbps]	-	1- 10 [cm]	Meses/ Anos	1+1	2
RFID	ISO/IEC 18000	125 [Khz], 13,56 [Mhz], 800 [Mhz] a 960 [Mhz],	-	[m]	-	Estrela	7

		2,45 [Ghz] ou 5,8 [Ghz]					
Bluetooth	EEE 802.15.1	1 [Mbps]	49[mA]/0,2[mA]	1 - 10 [m]	Dias	P2P/ Estrela	254 a 64516
ZIGBEE	IEEE 802.15.1	20 a 250 [Kbps]	30 [mA]/ 356 [uA]	100+ [m]	Meses/ Anos	Estrela	32
Wi-Fi	IEEE 802.11b	54 [Mbps]	400/ 20 [mA]	1- 100 [m]	Horas	Estrela	64+

Tabela 1 – Tecnologias comunicação aplicadas Internet das Coisas (Leite et. al., 2017)

2.1.2 Base de dados e Analytics

Por volta dos anos 2000, era muito comum controles de processos serem feitos de forma manual, esses apontamentos normalmente eram repassados para planilhas ao fim do turno e então essas informações geravam os indicadores para a área estratégica da empresa.

Com a evolução tecnológica das últimas décadas, novos dispositivos surgem para gerar, conectar e transmitir informações em um volume cada vez maior e mais rápido. As empresas entendem a importância dessas informações para embasar suas decisões e passam a investir em Tecnologia.

Em 2011, na cidade de Hanover o termo Indústria 4.0 foi usado pela primeira vez, com o objetivo de automatizar os métodos industriais por meio da transformação digital. Conceitos como Internet das coisas, Fábricas inteligentes e computação em nuvem são abordados, revelando a necessidade de adaptação do mercado, das empresas e das pessoas a esse novo cenário.

Segundo De Sordi (2008, p.22) a área de Ti é apontada como responsável pela “problemática gestão da informação que ocorre no ambiente das organizações, caracterizado por volume crescente de dados disponíveis, porém, sem o acréscimo proporcional das informações (interpretações relevantes ao negócio)”. Reforça também que “Informações e conhecimentos sem qualidade é a pior situação organizacional possível; pior, inclusive, que o caso das empresas que não realizam esforços para obtenção desses recursos, considerando-se que estas não arcam com custos de geração, como também não vivenciam problemas decorrentes do uso de informação e conhecimento de má qualidade. [...]”. (De Sordi, 2008, p. 140).

Atualmente existem inúmeras ferramentas com esse propósito, de gerar informação de valor para as organizações auxiliando no controle operacional e na tomada decisões, esses sistemas são chamados de Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), que nada mais é que um conjunto de programas para armazenar, modificar e extrair informações de um banco de dados, que são arquivos físicos armazenados em disco, agindo como uma interface. São três os componentes de um SGBD(Wikipedia,2020):

- Linguagem de definição dos dados
- Linguagem de manipulação dos dados
- Dicionário de dados

Existem dois tipos de SGBDs: os relacionais, onde os dados são modelados em formatos de tabela e se relacionam entre si, sendo a opção ideal para conexão com sistemas ERPs, CRMs ou de gerenciamento financeiro, e os não relacionais, que utilizam diversos modelos de dados, documentos, gráficos entre outros formatos de arquivos.

Segundo a norma ABNT NBR ISO 9000 (2005, p.14), qualidade é definida como “o grau no qual um conjunto de características [...]inerentes satisfaz a requisitos”. Para garantir a qualidade e a acuracidade da informação, bem como a criação de novas estratégias, as empresas apostam em ferramentas como *Data Warehouses*, *Big Data*, *Data Analytics*, *Business Analytics* e *Business Intelligence*. Esses sistemas de apoio a tomada de decisão visam auxiliar a organização na geração de valor a partir da análise de dados externos e internos ao negócio (Arnott, 2004).

Exemplificando, *Data Warehouse* é uma forma de organização do banco de dados, ou um tipo de SGBD, criado na década de 1980, para dar suporte as atividades de BI, centraliza e consolida informações de diversas fontes. O *Big Data* assim como o *Data Warehouse*, trabalha com um grande volume de dados provenientes de diversas fontes, normalmente dados não estruturados, e seus principais aspectos são com relação ao volume, variedade, velocidade, veracidade e valor dos dados. Ambos são complementares as ferramentas de análises

citadas anteriormente pois possuem focos diferentes, trazem informações com base no histórico (passado), já o *Analytics* vem para auxiliar nas previsões de ações futuras.

Para Cooper (2012), *Analytics* é o processo de desenvolvimento de insights através da definição de um problema e a aplicação de análises e modelos estatísticos contra dados existentes ou dados simulados para o futuro. Utiliza de recursos estatísticos como Modelagem Estatística, *Data Mining*, Otimização e Delineamento de Experimentos para a manipulação de dados como apoio a tomada de decisão, com foco na melhoria de processo ou desempenho, através de métricas.

Existem algumas técnicas utilizadas para caracterizar uma solução como *Analytics*, segundo Sheikh (2013) são elas:

- Técnicas de previsão: com base em algoritmos para análise de série temporal
- *Descriptive Analytics*: engloba *clustering*, regras de associação entre outras
- *Predictive Analytics*: baseado em métodos como análise de probabilidade, regressão, *Data Mining* e *Machine Learning*.
- Técnicas de otimização e decisão

Vários termos são encontrados na literatura correlacionados ao *Analytics*, um dos mais populares é o *Business Intelligence*. Kohavi et al. (2004) o define como um conjunto de técnicas utilizado em diferentes processos como: coleta, validação, processamento, compreensão, construção de modelos, exploração de dados, compartilhamento de conhecimento, elaboração de relatórios e visualização. Watson e Wixom (2007), afirmam que a extração dos dados é a tarefa mais complexa para um sistema de BI, requer normalmente 80% do tempo e do esforço, e dentre as principais causas estão a qualidade dos dados.

Existe muita confusão também com relação a esses termos devido a linha tênue de diferenciação, nesse sentido Chen et al. (2012) e Lim et al. (2013) propõe um processo denominado “BI&A” (*Business Intelligence e Analytics*) como sendo as técnicas, tecnologias, sistemas, práticas, metodologias e aplicações que analisam dados críticos sobre os negócios para apoiar a organização, compreender melhor seu negócio e mercado, extraindo vantagens disso. Porter (1986) traz os principais parâmetros para o desenvolvimento da inteligência competitiva, baseado em um sistema para compilar, organizar, interpretar e comunicar informações para gerarem vantagem empresarial, confirmando o que já é evidente, informação é fator decisivo para empresas se manterem no mercado atual, serem competitivos, inovadores e o mais importante, conhecerem quem são seus clientes e quais experiências desejam.

2.2 Processo Produtivo do Cimento

O processo produtivo do cimento é, resumidamente, uma combinação de exploração e beneficiamento de substâncias minerais não metálicas, sua transformação química em clínquer (produto intermediário do cimento) em um forno a cerca de 1.450°C e posterior moagem e mistura a outros materiais, conforme o tipo de cimento, conforme fluxo apresentado na figura 2.

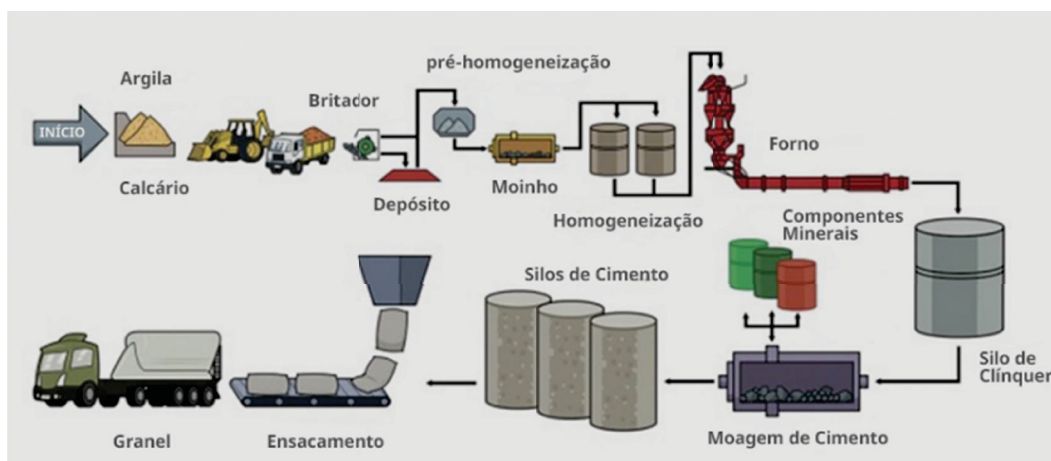


Figura 2. Fluxo da fabricação de Cimento (SNIC,2009)

Calcário e argila são as matérias-primas essenciais para a fabricação do clínquer, em uma proporção de 75%-80% e 20%-25%, respectivamente. Além disso, eventuais aditivos corretivos são utilizados, como minério de ferro, areia e bauxita. Uma vez lavrado, o calcário é britado para pré-homogeneização junto com argila e demais aditivos, ser armazenado em silos próprios. Esses minérios são devidamente dosados nas proporções exatas, quando então são moídos e homogeneizados até resultar em um material fino e de concentrações homogêneas,

denominado farinha. A transformação físico-química da farinha em clínquer passa por quatro estágios: pré-aquecimento, calcinação, clínquerização e resfriamento.

As torres de pré-aquecedores e/ou pré-calcinadores, presentes nos modernos fornos via seca, reaproveitam os gases quentes da saída do forno para aquecer a farinha. Nesse estágio, a matéria-prima atinge uma temperatura aproximada de 800°C, quando se dá o início da calcinação – ou descarbonatação do calcário – e a quebra da estrutura molecular das matérias-primas, passando em seguida para o forno rotativo, onde está localizado o maçarico principal, cuja chama atinge 2.000°C no ponto de maior temperatura.

Nesta etapa, o material atinge uma temperatura de até 1.450°C, fundindo-se parcialmente e resultando no clínquer. Esse clínquer, resfriado, é então moído junto com gesso e, dependendo do tipo de cimento a ser produzido, com demais materiais, como escória siderúrgica, cinzas volantes, pozolanas e filer calcário, para formar o cimento *portland*.

A indústria de cimento vem investindo na modernização de suas instalações desde a década de 1970, buscando melhorar a eficiência energética do processo, diminuir o consumo de combustíveis e reduzir as emissões.

Quando se trata de armazenar Clínquer para a fabricação do cimento, é essencial possuir um bom controle de nível nos silos de armazenamento. Assim, paradas de planta não programadas e manutenções fora de hora serão evitadas.

Em diversas etapas da produção do cimento, as matérias primas e aditivos são aquecidas em processos de mistura, ou como forma de garantir que os produtos estejam desidratados, com temperaturas que variam de 80°C a 600°C.

Em alguns desses processos, essas matérias chegam aos silos de armazenagem ainda quentes, podendo causar problemas a instrumentos de controle de nível comuns.

Neste caso, o Clínquer chega ao silo de pré-mistura a 80°C, onde é adicionado o gesso. Devido a temperatura, há formação de vapor nos silos, causando incrustações de gesso com Clínquer nas paredes dos silos.

Nos casos mais críticos, quando o Clínquer chega ao silo com temperatura maior que 90°C, forma-se uma enorme incrustação no topo do silo, podendo chegar a mais de 1 metro de espessura.

Quando o material incrustado se desprende da parede do silo, gera no sensor um arraste de material muito grande, podendo então danificar o sensor ou destruindo-o.

Assim, os 3 principais desafios enfrentados são:

- pó em suspensão;
- incrustação;
- força de arraste.

2.3 Logística

De acordo com Nascimento (2011) a logística pode ser compreendida como uma operação integrada que tem por finalidade o cuidado com os suprimentos e a distribuição de produtos de acordo com o planejamento, coordenação e execução de um processo de controle logístico e de suas ramificações. O que é justificado pelo fato de que os processos logísticos se relacionam com a formação de estoque, bem como a qualidade do balanço financeiro da Organização.

Como já destacado, a Logística, bem como o bom gerenciamento de suas ramificações, tem grande impacto nos custos de uma Organização e na viabilidade do negócio. Desta forma, mostra-se cada vez mais necessária a manutenção de processo para que se garanta a boa gestão de custos, a lucratividade esperada e a postura competitiva perante o mercado. Como justifica Menezes (2018), ao afirmar que “a logística da atualidade está em busca de trâmites mais rápidos e mais rentáveis para que as organizações obtenham fôlego competitivo para lidar com os concorrentes cada vez mais perspicazes”.

De acordo com Bertaglia (2009) “o fator logístico é um elemento primordial nas considerações da cadeia de abastecimento e na movimentação de produtos e matérias de um ponto a outro”. A partir desta afirmação, nota-se a evidência do impacto logístico tanto nos processos atuais, quanto no planejamento de inovações e/ou sugestões para alterações de processos.

De acordo com Neves (2018), na década passada, a mente dos profissionais e estudiosos passou a estar mais envolta por novas tecnologias, mostrando assim novas formas de otimizar rotinas à partir de inserção de novos e modernos elementos. Pode-se citar alguns exemplos de tecnologias, que através da internet das coisas, passaram a ser oportunizadas ao ambiente logístico, sendo elas, a identificação por radiofrequência (RFID), veículos automaticamente guiados (AGVs), transelevadores, carrosséis, picking by light, sensores de temperatura e profundidade, entre outros.

Outras tecnologias que também devem ser consideradas e estão totalmente relacionadas com Logística e IOT são *sorters* automáticos, realidade aumentada, robóticas, *big data*, *business intelligence*, *blockchain*, internet das coisas, logística 4.0, entre outros. De acordo com Martão (2018), a inserção de novas tecnologias têm se mostrado cada vez mais viáveis no ambiente logístico, afirmando que “uma vez que a utilização das mais modernas

tecnologias traz uma melhora nos níveis de serviço, tornando as operações mais confiáveis, contando com uma operação mais segura e que leva uma empresa a optar por investir em automação”.

Considerando o ponto pela perspectiva dos transportes, pode-se observar como custos mais expressivos os gastos referentes a movimentação de matérias-primas e mercadoria. Bertaglia (2009) reafirma a necessidade de estudos voltados para o transporte, utilizando-se disso para evitar transportes desnecessários e/ou duplicados. Sendo assim, a eliminação de gastos excessivos e otimização das operações logísticas representam maior garantia de crescimento da lucratividade.

A reformulação de processos, além de reduzir custos, pode simplificar rotinas e impactar positivamente o lead-time da Organização. Com a inserção de novas tecnologias em medições de silos, por exemplo, é possível observar impactos mais amplos do que inovação em si, mas também diversos outros ao longo da cadeia logística e financeira. Desta forma, de acordo com Bertaglia (2018), “a velocidade entre os vários recursos deve ser balanceada para evitar longos tempos de espera e otimizar a utilização de recursos”.

A logística é aplicável à diferentes vertentes e o processo logístico, por conseguinte, se adequa às mais variáveis necessidade de determinado segmento. Considerando a logística de suprimentos, é muito comum observa-se a utilização de silos para armazenagem de materiais e a necessidade de planejamento do fluxo logístico para que o processo ocorra da maneira esperada.

De acordo com Carneiro (1948) “os silos são construções destinadas ao armazenamento e conservação de grãos secos, sementes, cereais e forragens verdes”, considerando esta descrição e embasado no fato a larga escala de utilização de silos, para que se tenha maior facilidade nos processos operacionais e dimensionamento de custos, mostra-se importante a medição de nível e pesagem. As medições corroboram com o controle de quantidade de produto estocado, garantia de armazenamento seguro, monitoramento operacional, entre outras viabilidades.

Por fim, torna-se evidente o impacto de uma medição acurada para que se tenha um fluxo confiável e a viabilidade de reformulações de processos e se obtenha maior lucratividade e inovação. De acordo com Ballou (2006) a importância da Logística é, principalmente, a criação de valor para clientes e fornecedores, o qual se manifesta em termos de tempo e lugar. Sendo assim, mostra-se evidente a necessidade de acuracidade de informações, para que se tenha tanto o fluxo ideal quanto o sucesso do negócio.

3. SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA

A ausência de sensoramento no processo produtivo da indústria gera uma grande dificuldade para identificar gargalos da produção, falta de acompanhamento do desempenho da produção, avaliação de resultados e *feedbacks* ineficazes, tomadas de decisões sem uma base sólida.

Os gestores encontram uma grande dificuldade na hora de estabelecer metas e tomar decisões. Uma reunião que não tenha um quadro com os indicadores de qualidade, por exemplo, dificulta na hora de decidir sobre fornecedores e melhorias na cadeia produtiva. Até mesmo investimentos que poderiam ser feitos e inserção em novos mercados acabam sendo comprometidos. As decisões acabam sendo baseadas em “achismo” e muitas vezes podem ter um impacto negativo na organização.

A cadeia produtiva deve ser segmentada e ter indicadores para cada uma de suas partes. Se surgirem dissonâncias com o planejamento, sabe-se em que etapa está o problema e a solução pode ser encontrada com mais facilidade.

Quando se trata de processos industriais, quanto mais manual for a rotina, mais desperdício ela pode ter. É bem trabalhoso fazer controles manuais ou até usando planilhas eletrônicas. Além disso, a margem de erro dos controles aumenta muito.

De acordo com Liker (2005) o acúmulo de perdas nas empresas é maior do que atividades que agregam valor aos produtos considera-se como desperdício qualquer recurso em que se gasta além do necessário na produção de um produto. Segundo Antunes (2008) as principais causas de desperdícios nos sistemas de produção na época do Taylorismo eram a falta de percepção por parte dos donos das empresas e métodos ineficazes de gestão utilizados na época. Já no Sistema Toyota de Produção, houve a identificação dos sete tipos de desperdícios que não agregam valor aos produtos, onde os clientes não estão dispostos a pagar, isto faz com que as empresas busquem ferramentas para estas perdas.

Segundo Liker (2005) é possível citar também um oitavo desperdício, talvez, um dos mais perniciosos em um sistema de produção, o desperdício intelectual desperdício intelectual, acontece quando o potencial humano não é explorado de modo eficiente nas empresas.

A forma de como trabalha com os estoques é um dos maiores problemas dentro de uma organização. Portanto, um gerenciamento preciso e eficaz torna-se essencial para a sobrevivência dos negócios, devido aos custos de oportunidade de estocagem, além de outros fatores relevantes, como a previsão da demanda e acurácia dos estoques. Em contrapartida, a acurácia implica nos resultados do faturamento de uma empresa, nos planos de produção emitidos pelo Planejamento e Controle da Produção (PCP), e também nos riscos de falta e/ou excesso de produtos, causadores de muitos problemas. As maiores falhas são os desperdícios e aquisições desnecessárias, por existir uma diferença significativa na contagem feita pelos sistemas de controle e a existência física.

As constantes falhas para controlar a estocagem é um ponto crítico para a maioria das empresas no ramo cimenteiro. O alto custo com excesso de mercadoria e o fato de não se ter conhecimento da acurácia de estoque para planejar vendas e fechar pedidos, ocasiona muitas vezes um aumento de lead time.

A medição manual do estoque dos silos, é o problema principal avaliado neste trabalho, pois gera impactos para a produção e logística.

A empresa “X” é uma das grandes fornecedoras de cimento no Brasil, ajudando a suprir a alta demanda da construção civil.

Neste cenário de alta produtividade, vem à tona a necessidade de se manter controles de estoque de alto nível, aliados à gestão de processos internos eficiente. A movimentação de mercadorias feita internamente, seja qual for o nicho industrial que está estudando, é um importante componente da qualidade de gestão das indústrias e da eficiência operacional e lucratividade.

As plantas da empresa “X” não estão todas no mesmo patamar de eficiência operacional, fato que se justifica por não terem todas o mesmo tempo de existência e operação. Ainda, podem não apresentar uniformemente as melhores práticas e processos que visem a reduzir os desperdícios.

A problemática do presente trabalho centra-se na técnica de medições de volumes durante a realização do inventário de matérias-primas e produto final estocados nos silos, a qual se dá por meio de um procedimento antiquado e impreciso. O método aplicado, a cubagem, baseia-se em técnicas antigas utilizadas há muitos anos em empresas desse segmento, em grande parte de modo semelhante.

A cubagem, como é feita atualmente não assegura grande precisão para a aferição, seja em virtude dos erros humanos, seja pela quantidade consideravelmente alta que é armazenada ou o formato em que o material se encontra distribuído dentro do silo. É utilizado para medir o silo, uma corda com um peso em sua extremidade. Esta corda possui um gabarito marcando a metragem, cuja finalidade seria indicar a altura encontrada no silo. Se, na retirada da corda o gabarito indica 10 m, representa 10 metros de espaço livre a ser estocado, conforme apresentado nas Figuras 3 e 4.



Figura 3. Método de medição por corda. (O autor,2020).



Figura 4. Gabarito do Método de medição por corda. (O autor,2020).

3.1 Hipótese de solução

Como descrito no capítulo anterior, a quantidade de matéria prima dentro dos silos é estimada de forma manual através de uma corda com um peso na ponta. Esse método avalia o nível da matéria prima dentro do silo, obtido através da altura da corda até o peso encontrar com o anteparo o produto. Para realizar essa operação os operadores necessitam realizar pessoal e localmente o processo de medição. Além de possuir baixa precisão, o método não disponibiliza as informações coletadas em tempo real para melhor gestão da qualidade do produto final (decisão da mistura de insumos), ou otimização da gestão da cadeia logística. Outro ponto de risco na operação atual está na exposição de operadores a trabalho em altura e aumento do risco de possíveis acidentes.

Para automatização da medição do nível de produto dentro dos silos, pode ser aplicado um sensor do tipo ultrassônico por ser mais apropriado para medição de produtos no estado sólido. Ao emitir um sinal e captar o tempo de retorno ao receptor, é possível estimar com maior precisão o nível de produto dentro do silo, garantindo a padronização entre as medições realizadas e disponibilização de informações em tempo real para tomada de decisão em outras áreas da cadeia.

A informação coletada pelos sensores espalhados pelos silos ao longo da planta pode ser comunicada através de uma rede. No caso de uma indústria, e analisando a Tabela 1, indica-se que as tecnologias ZIGBEE ou Wi-fi sejam utilizadas por se tratar de longas distâncias entre a malha de sensores, range acima de 100 m, e bateria com tempo de vida com mais de um mês, facilitando o processo de gestão da manutenção.

Embasando-se na afirmação de Lemos (2018) de que “o custo do transporte, normalmente, é feito por viagem, ficando a cargo da empresa garantir a melhor ocupação possível, por entrega, volume, quilometragem ou formatos mistos”, pode-se considerar a importância da definição das melhores rotas possíveis para que se consiga o menor custo e o melhor aproveitamento do modal de transporte escolhido.

Desta forma, aliar a logística com IOT mostra-se cada vez mais justificável para que se consiga um melhor aproveitamento de modal transporte e lead-time ofertado ao mercado. Por meio da Internet das coisas têm-se mais dados e consequentemente indicadores mais assertivos, e, ainda de acordo com Lemos (2018) “ter indicadores de gestão assertivos e que permitam identificar os problemas e atuar rapidamente na melhoria dos processos é essencial”. Considera-se, portanto, que os indicadores, normalmente, visam acompanhar a qualidade, o custo e a eficiência do serviço, os quais podem impactar de forma considerável o faturamento total de uma organização.

O modelo operacional de tipo de frota é outro ponto de grande relação com os resultados da empresa, questão que pode ter maior assertividade com a inserção de IOT nos processos logísticos. Este fato se justifica ao se

analisar que na grande maioria das grandes companhias utiliza-se o modelo de frota terceirizado, e sem fontes de dados confiáveis para o planejamento de melhores rotas de operações logísticas, a circulação diária de volumes poderá ser ineficiente e gerar mais desperdício de recursos. O que é justificado quando Neves (2018) quando afirma que “quem não conseguir olhar além do frete ficará para trás. Os anos que vêm por aí exigirão que se tenha uma visão ampliada da cadeia de abastecimento, para eliminar as inúmeras deficiências existentes dentro dela, entre as quais destacam-se os estoques”.

A inserção de novas tecnologias nos processos de otimização de rotas se mostra cada vez mais necessário e eficiente. Sendo assim, de acordo com Lemos (2018) “a organização é fundamental para aproveitar ao máximo a capacidade, [...] desenvolvendo janelas de carregamento, para que os veículos cheguem de forma ordenada ao longo do dia, maximizando também, a utilização dos veículos que ficam menos tempo parados”, realidade a qual se torna mais palpável a medida que novas tecnologias, como sensores, por exemplos, são inseridas nos processos logísticos.

Com toda a cadeia conectada, as variáveis essenciais do processo são monitoradas em tempo real, seguindo para uma base de dados onde são analisadas de acordo com as receitas inseridas para o tipo de produto programado para produção. Todas as etapas são monitoradas, e caso o sistema encontre qualquer divergência entre o valor obtido na leitura e o estabelecido como padrão na receita, comandos de correção são enviados para equalizar a mistura. A medição precisa da quantidade de insumos armazenados, permite o incremento na qualidade da mistura que resulta no cimento a ser comercializado.

A atualização constante desses dados, geram informações cruciais para o controle e planejamento de produção, possibilitando a redução de estoque, estimando de maneira mais assertiva a necessidade de insumos, implementação de manutenções preventivas sem prejudicar a eficiência, permear recursos entre plantas, fornecer dados concretos para a equipe de vendas.

Devido ao volume de dados gerados e das diversas fontes de alimentação dessas informações (*Warehouse Management System - WMS, Manufacturing Execution System - MES, Enterprise Resource Planning - ERP, Customer Relationship Management - CRM*) é importante a utilização de um SGBD que permita trabalhar com volume, velocidade e variedade de dados, como um *BIG Data*, que realizará a correlação entre dados e a identificação de padrões em todas as ramificações do negócio. Porém, se faz necessário o investimento em infraestrutura, principalmente em data centers, servidores, potência de armazenamento e em mão de obra qualificada, para trabalhar em curadoria e segurança da informação.

A última etapa seria a transformação desses dados em uma forma de monitoramento visual intuitivo, agradável e clean, utilizando ferramentas de BI para construção customizada de dashboards por setor. Realizando o entendimento das necessidades de monitoramento e os níveis de flexibilização dessas informações, criação de alertas para variáveis sensíveis, e possibilidade de acompanhamento *on line* através de dispositivos mobile.

4. RESULTADOS ESPERADOS

A coleta automatizada e integrada da quantidade de produtos nos silos possibilitará o incremento da qualidade na produção do cimento. Com informações mais rápidas e precisas espera-se aumentar a produtividade na planta, eficiência logística e segurança operacional. Como efeito secundário, o aumento na eficiência da utilização de recursos fabris também poderá ser observado. Além disso, informações sendo coletadas de forma mais ágil permitirão a identificação de falhas mais prontamente em outras etapas do processo produtivo. O Gráfico 1 compara a quantidade de informações coletadas atualmente de forma manual em relação a possibilidade de coletas e gravações a cada 15 minutos através de uma malha de sensores.

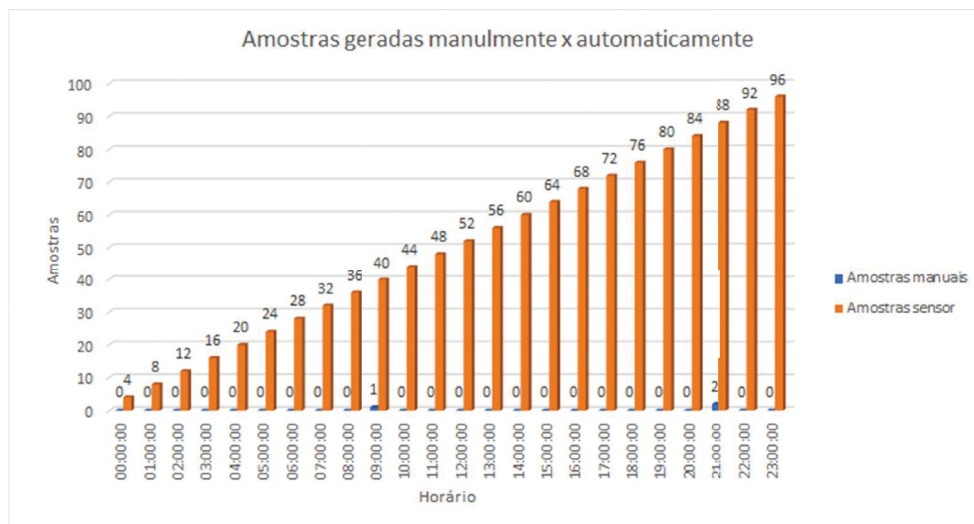


Gráfico 1 – Volume da dados gerados manualmente e automaticamente

Atualmente o nível de produtos no silo é coletado a cada 12 horas, ou seja, decisões são baseadas em informações que foram coletadas apenas duas vezes ao dia. Apesar da leitura em tempo real, uma boa taxa de gravação dos dados é de 4 vezes por hora, levando em conta que os silos sofrem movimentação a cada 1 hora. Desta forma são gerados 48 vezes mais dados para tomada de decisão mais ágeis e precisas.

Um cuidado a ser tomado durante a instalação dos sensores em tanques com materiais no estado sólido, está na suspensão de partículas sólidas no ar, podendo gerar uma medição incorreta no sensor. Uma ação simples é aguardar alguns minutos após o abastecimento para que o nível seja medido, garantindo que o material em suspensão seja depositado junto com os demais. Outro ponto a ser acompanhado para uma boa aplicação é o grau de sujeira acumulada no elemento sensor, que deve ser inspecionado periodicamente para garantir uma leitura adequada. O cruzamento de dados do processo anterior, como a quantidade produzida e enviada ao silo, pode ser outra variável a ser comparada com a medição realizada e utilizada como redundância nas leituras realizadas e dados gerados.

O monitoramento *on time*, permite a identificação de inconformidades de maneira muito mais ágil e por consequência sua correção, minimizando o impacto e possíveis desperdícios. O fato de todas as informações estarem centralizadas, permite fazer correlações em todos os níveis do negócio, utilizando as ferramentas certas pode-se identificar gargalos no processo, e corrigindo-os reduzir custos operacionais, permite também elaborar um ciclo de planejamento de forma mais eficiente, facilitando a previsão de demanda, fornece indicadores de desempenho para planos de otimização, melhora o gerenciamento de estoque, de vital importância para o negócio, podendo extrapolar para áreas como retenção e fidelização de cliente, e até estratégias de marketing.

Com a inserção de novas tecnologias a cultura organizacional de adaptação e inovação terá maior repercussão, o que instigará o empreendedorismo, a criatividade e o dinamismo. Desta forma, os colaboradores terão uma visão mais ativa sob seus processos e terão mais ferramentas para propostas de novas tecnologias.

Implementando mudanças necessárias aos processos, tornando-os mais autônomos e inteligente, o valor agregado aos produtos será maior e a Organização se tornará mais competitiva perante os concorrentes, ponto extremamente relevante em razão da tamanha velocidade que o mercado tem se mostrado.

Outro resultado evidente será a maior probabilidade de assertividade do forecast da Organização, visto que, tendo dados mais acurados e consequentemente indicadores mais precisos; as previsões em relação a custos e investimentos sofrerão impactos positivos em relação ao quadro anterior às alterações.

Desta forma mostra-se evidente a realização de testes, treinamento e desenvolvimento de colaboradores e cúpula gestora em relação a nova tecnologia proposta para que se consiga um processo mais automatizado e acurado. Tanto os processos de medição quanto a obtenção de dados se tornarão mais ágeis e consequentemente impactarão mais partes da cadeia de forma rápida. Este novo cenário resultará, por fim, em um fluxo de informações dinâmico e assertivo.

5. CONCLUSÃO

Buscou-se avaliar o processo fabril e logístico na indústria cimenteira com o objetivo de identificar oportunidades de implantação de tecnologias relacionadas a indústria 4.0 que mitigassem ou eliminassem problemas, acelerando os ganhos em toda a cadeia de valor.

Analisando-se o método de medição dos produtos nos silos, identificou-se a possibilidade de implantação de uma rede de sensores ultrassônicos que permitiria automatizar o processo de coleta de dados. Além disso, este trabalho propôs que a rede entre sensores selecionada aplicasse as tecnologias *ZIGBEE* ou *Wi-fi* devido as características industriais, levando em conta a distância de alcance e necessidade de intervenção da manutenção.

Verificou-se a necessidade de armazenagem, modificação, tratamento e extração adequados dos dados gerados para que os ganhos fossem maximizados através da implantação de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD). Através da integração das informações, as receitas inseridas para o tipo de produto programado para produção poderiam ser otimizadas, corrigindo divergências entre o valor obtido na leitura do silo e o estabelecido como padrão na receita, através de comandos de correção enviados para equalizar a mistura.

Ferramentas como *Data Warehouses*, *Big Data*, *Data Analytics*, *Business Analytics* e *Business Intelligence* foram discutidas como meios de garantir a qualidade e acuracidade da informação, permitindo refinamento da estratégia aplicada pela organização. Realizou-se a proposta da implantação de ferramentas de BI para a construção de dashboards por setor da indústria. Os dashboards tem como objetivo a gestão visual e mais intuitiva dos dados coletados, dando suporte a tomada de decisão ágil e sistêmica.

Considerou-se também as possibilidades de ganhos pela perspectiva logística, aonde movimentações desnecessárias de produtos comprometem a lucratividade do negócio, gerando gastos excessivos e aumento do lead time.

Como resultado entende-se que tecnologias disponíveis possam ser integradas para impulsionar os resultados em uma organização, trazendo ferramentas melhores para as etapas de planejamento, monitoramento e controle de operações.

Observou-se que como principais desafios para implantação dessas tecnologias está a mudança cultural provocada, mostrando-se mais complexo, visto que, a inserção de uma nova tecnologia não terá os resultados esperados se os colaboradores não estiverem preparados para esta nova ferramenta. Desta forma, o treinamento e o desenvolvimento dos envolvidos no processo é de extrema importância, para que consigam utilizar a ferramenta e analisar os dados de forma crítica. A análise crítica dos dados também pode ser vista como um desafio considerável, visto que, quanto maior automatização mais rápida será a replica dos dados, e sem uma visão crítica vários outros processos organizacionais poderão sofrer impactos inferiores ao esperado ou até prejudiciais ao negócio. Sendo assim, tanto a visão crítica quanto a acuracidade de dados e de testes realizados são peças fundamentais para que se consiga os resultados esperados.

Sugere-se como objeto de estudos em trabalhos futuros a análise de oportunidades de melhoria em outros sensores na área fabril, propondo automatização na coleta de dados, tais como: sensores que avaliem a lubrificação de rolamentos e sensores que avaliem a temperatura em fornos em áreas de difícil acesso. Estes dados seriam utilizados principalmente para otimização do planejamento do setor de manutenção, atuando-se de forma preditiva, melhorando-se a previsão para aquisição de peças de reposição e gestão de estoques. Além disso, garantindo-se um controle adequado da temperatura é possível observar melhorar resultados em relação ao consumo de energia.

6. REFERÊNCIAS

ARNOTT, D. Decision support systems evolution: framework, case study and research agenda. *European Journal of Information Systems*, v.13, n.4, p.247-259, 2004.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BERTAGLIA, P.R. Logística e o gerenciamento da cadeia de abastecimento. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

BNDES começa a investir em internet das coisas (IoT). Idr, 2020. Disponível em: <[http://idrconsultoria.com.br/internet -das-coisas/](http://idrconsultoria.com.br/internet-das-coisas/)>. Acesso em: 20 de jul. de 2020.

BUTCHER, I. Até 2023, 5,3 bilhões de pessoas estarão conectadas à Internet, diz Cisco. *Mobiletime*, 2020. Disponível em: <https://www.mobiletime.com.br/noticias/18/02/2020/ate-2023-53-bilhoes-de-pessoas-estarao-conectadas-a-internet-diz-cisco/>. Acesso em: 20, jul, 2020.

CARNERO, O. Silos e sua construção. *Anais da E.S.A.* 1948. Disponível em: [https://www.scielo.br/pdf/aesalq/v5/01 .pdf](https://www.scielo.br/pdf/aesalq/v5/01.pdf). Acesso em: 21 jul. 2020.

CHEN, H; CHIANG, R.H.L; STOREY, V. C. Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact. *MIS quarterly*, v. 36, n. 4, p. 1165-1188, 2012.

COOPER, A. et al. What is Analytics? Definition and essential characteristics. Cetus Analytics Series, v.1, n.5, p. 1-10, 2012.

DATHEIN, RICARDO. Inovação e Revoluções industriais: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX. Publicações DECONTextos Didáticos 02/2003. DECON/UFRGS, Porto Alegre, fevereiro 2003.

KOHAVI, R.; MASON, L.; PAREKH, R; ZHENG, Z. Lessons and challenges from mining retail e-commerce data. Machine Learning, v.57, n.1-2, p.83-113, 2004.

LE MOS, B. Quais os principais tópicos para realizar um diagnóstico do modelo de transporte de sua empresa. Revista Mundo Logística, Maringá, n. 63, p. 07- 11, mar./abr. 2018.

LEITE, J.R.E; MARTINS, P. S.; URSINI, E. L. A Internet das Coisas (IoT) : Tecnologias e Aplicações. In: BTSYM 2017, 2017, Campinas. BTSYM 2017 Proceedings. Campinas, 2017. p. 1-6.

LIKER, J. K. O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIM, E.; CHEN, H.; CHEN, G. Business intelligence and Analytics: research directions. ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS), v. 3, n. 4, p. 17, 2013.

MARTÃO, L.C. A logística do futuro passa por pessoas. Revista Mundo Logística, Maringá, n. 63, p. 32- 35, mar./abr. 2018.

MENEZES, S. T. Planejamento logístico como ferramenta para o aprimoramento do nível de serviço. Faculdade Adventista da Bahia. Cachoeira, BA. 2012. Disponível em: http://www.adventista.edu.br/_imagens/pos_graduacao/files/Artigo%20Log%C3%ADstica%20%20Tercio%20Menezes.pdf. Acesso em: 21 jul. 2020.

NASCIMENTO, J. O que é logística. Administradores.com,2011. Disponível em: <https://administradores.com.br/artigos/o-que-e-logistica>. Acesso em: 23, jul,2020.

NEVES, M.A.O. O homem e a máquina na logística do futuro, no Brasil. Revista Mundo Logística, Maringá, n. 63, p. 24- 30, mar./abr. 2018.

Painellogístico. Por uma Indústria mais moderna. Disponível em: <http://www.painellogistico.com.br/%EF%BB%BFpor-uma-industria-mais-moderna/>. Acesso em 27 jul. 2020.

PORTER, M. Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 7 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 1986.

RIBEIRO, M. A. Instrumentação. 12. ed. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 2005.

SHEIKH, N. Impementing Analytics: A Blueprint for Design, Development, and Adoption. Newnes, 2013.

Silveira, C. B. O que é a Indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo. Citisystems. 2017. Disponível em:<<https://www.citisystems.com.br/industria-4-0/>>. Acesso em:27 de jul. de 2020.

SISTEMA de gerenciamento de banco de dados. Wikipédia, 18 de mai. de 2020. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_gerenciamento_de_banco_de_dados>. Acesso em: 20 de jul. de 2020.

SORDI, J. O de. Administração da Informação: fundamentos e práticas para uma nova gestão do conhecimento - São Paulo : Saraiva, 2008.

WHATSON, H. J.;WIXOM, B. H. The current state of business intelligence. Computer, v.40, n.9, p. 96-99, 2007.

SegInfo. 41,6 bilhões de dispositivos de IoT gerarão 79,4 zettabytes de dados em 2025. 26 de jun. de 2019. Disponível em: <<https://seginfo.com.br/2019/06/26/416-bilhoes-de-dispositivos-de-iot-gerarao-794-zettabytes-de-dados-em2025/#:~:text=Uma%20nova%20previs%C3%A3o%20da%20International,por%20esses%20dispositivos%20tamb%C3%A9m%20cresce>>. Acesso em: 12 de jul. de 2020.

7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.