



Produto 7D: Aprofundamento de verticais – Indústrias

Dezembro 2017

Sumário

1	CONTEXTO DO ESTUDO DE IOT	3
2	INTRODUÇÃO À FRENTE MOBILIZADORA DE INDÚSTRIAS	4
3	FRENTE MOBILIZADORA DE INDÚSTRIAS	5
3.1	O BARATEAMENTO DAS TECNOLOGIAS E A PRESSÃO COMPETITIVA IMPULSIONAM A ADOÇÃO DE IOT	5
3.2	O CENÁRIO DA INDÚSTRIA APRESENTA DESAFIOS COMUNS	6
3.3	A ELABORAÇÃO DE PROJETOS ICÔNICOS PODE INCENTIVAR O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO	8
3.4	IOT COMO PARTE DOS AVANÇOS TECNOLÓGICOS DA INDÚSTRIA	14
3.5	DESAFIOS DA INDÚSTRIA PODEM SER SOLUCIONADOS POR IOT	15
3.6	APLICAÇÕES SELECIONADAS PARA DETALHAMENTO	18
3.7	COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS ESSENCIAIS PARA O DESENVOLVIMENTO DE IOT	22
3.8	O BRASIL JÁ POSSUI UMA OFERTA DE SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS DE IOT	28
3.9	PLANO DE AÇÃO EM QUATRO CAMADAS, TENDO NO TOPO A VISÃO DE IOT	32
3.9.1	<i>A Visão de IoT como guia de ação</i>	33
3.9.2	<i>Barreiras específicas precisam ser endereçadas</i>	34
3.9.3	<i>Iniciativas mapeadas</i>	35
4	ANEXO – ANÁLISE DE SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS PARA AS APLICAÇÕES SELECIONADAS	37
4.1	GESTÃO DE ESTOQUE	41
4.2	DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO	41
4.2.1	<i>Dispositivo</i>	42
4.2.2	<i>Conectividade</i>	43
4.2.3	<i>Suporte à aplicação</i>	43
4.3	MANUTENÇÃO PREDITIVA EM PLATAFORMA DE EXTRAÇÃO DE PETRÓLEO	44
4.3.1	<i>Descrição da solução</i>	44
4.3.2	<i>Dispositivo</i>	46
4.3.3	<i>Conectividade</i>	46
4.3.4	<i>Suporte à aplicação</i>	47
4.4	MONITORAMENTO DE BARRAGENS	48
4.4.1	<i>Descrição da solução</i>	48
4.4.2	<i>Dispositivo</i>	50
4.4.3	<i>Conectividade</i>	50
4.5	MONITORAMENTO DE ATIVOS DE MINERAÇÃO	52
4.5.1	<i>Descrição da solução</i>	52
4.5.2	<i>Dispositivo</i>	54
4.5.3	<i>Conectividade</i>	54
4.5.4	<i>Suporte à aplicação</i>	55
4.6	ENGENHARIA DE PRODUTOS BASEADA EM DADOS DE SENSORES	55
4.6.1	<i>Descrição da solução</i>	55
4.6.2	<i>Dispositivo</i>	56
4.6.3	<i>Conectividade</i>	57
4.6.4	<i>Suporte à aplicação</i>	57
4.7	INTEGRAÇÃO DA PLANTA PRODUTIVA	58
4.7.1	<i>Descrição da solução</i>	58
4.7.2	<i>Dispositivo</i>	59
4.7.3	<i>Conectividade</i>	59
4.7.4	<i>Suporte à aplicação</i>	59

1 Contexto do Estudo de IoT

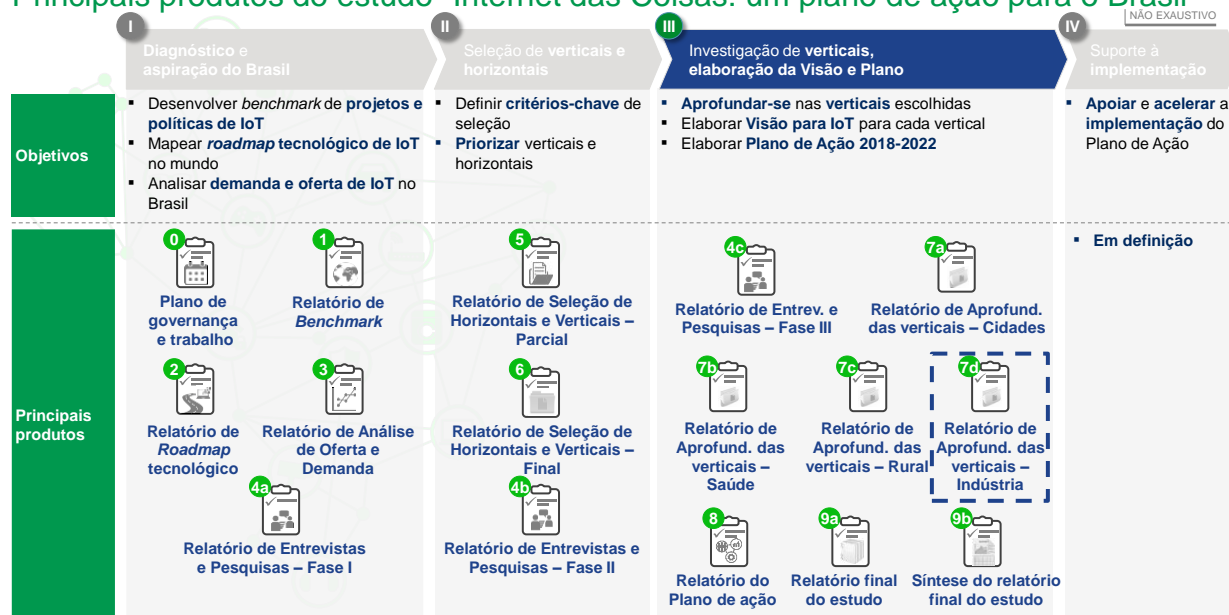
Este *Relatório de aprofundamento das verticais – Indústria* é um dos produtos do estudo *Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil*, liderado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Seu objetivo é propor um plano de ação estratégico para o país na área da Internet das Coisas (em inglês, *Internet of Things*, aqui denominada pela sigla IoT). Esse plano inclui quatro fases:

- **Diagnóstico geral e aspiração para o Brasil:** obtenção de uma visão geral do impacto de IoT no Brasil, entendimento das competências de tecnologias de informação e comunicação (TIC) do país e definição de aspirações iniciais.
- **Seleção de verticais e horizontais:** definição de critérios-chave para seleção e priorização de verticais e horizontais.
- **Aprofundamento e elaboração de Plano de Ação (2018-2022):** aprofundamento nas verticais escolhidas, elaboração de visão para IoT para cada vertical e do Plano de Ação 2018-2022.
- **Suporte à implementação:** apoio à execução do Plano de Ação 2018-2022.

As três primeiras fases são compostas de nove produtos principais. Este documento representa o capítulo referente ao aprofundamento das verticais priorizadas na Fase II, parte integrante do produto 7, inserido na Fase III do estudo, como descrito no Quadro 1.

QUADRO 1

Principais produtos do estudo "Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil"



FONTE: Análise do consórcio

2 Introdução à Frente Mobilizadora de Indústrias

Ao longo da Fase 2 do estudo foram analisados dois ambientes de aplicação de IoT no setor industrial: fábricas e indústrias de base. Ao final, criou-se o conceito “Frente Mobilizadora de Indústrias” e optou-se por aprofundar esses ambientes de forma conjunta. O termo *mobilizadora* exprime a intenção de impulsionar iniciativas relacionadas com manufatura avançada, lideradas por outros órgãos, associações e confederações.

A opção por detalhar essa frente transversal e heterogênea deve-se ao impacto positivo que poderá trazer para os demais setores da economia através da adoção de IoT. Vale ressaltar o caráter estratégico da indústria no desenvolvimento sustentável da economia, uma vez que transmite ganhos de produtividade sistêmicos aos demais setores. A indústria, que possibilita ganhos de escala crescentes, é a área onde a acumulação de capital e geração de valor se intensificam. Ao incorporar e difundir o progresso tecnológico, ela serve de referência aos demais setores da economia. Os serviços sofisticados, por exemplo, em sua grande maioria estão relacionados à indústria.

Os resultados e caminhos aqui apresentados são fruto de levantamentos e pesquisas de campo realizados juntamente com entidades e associações, empresas e instituições de governo. Parte deles tem origem em um *workshop* realizado no BNDES com representantes de fábricas e indústrias de base. O trabalho contou, ainda, com a orientação de departamentos do BNDES ligados à indústria. São apontadas aqui possíveis formas de atuação do setor público em parceria com a iniciativa privada para a criação de um ambiente favorável à difusão de IoT industrial.

A Internet das Coisas faz parte de um processo de amadurecimento e difusão das tecnologias de informação e comunicação (TICs). Esse fenômeno ganhou impulso na segunda metade do século XX com o aprimoramento e a miniaturização dos dispositivos eletrônicos.

Entretanto, é necessário ressaltar que o impacto verificado na indústria se deve, em grande parte, ao rearranjo da produção industrial pela disseminação e combinação de tecnologias já existentes de sensoriamento, conectividade e interpretação de dados (*advanced analytics*). Além dos ganhos de eficiência já obtidos, o cenário se mostra propício para o surgimento de novos processos e produtos.

Avaliamos os desafios enfrentados pelo nosso setor industrial para vislumbrar caminhos e oportunidades para articulação das iniciativas. A indústria brasileira possui um alto grau de heterogeneidade. Isso se verifica em relação ao porte, à origem do capital das empresas e ao seu grau de sofisticação e diversificação setorial.

Considerando esses aspectos, optou-se por avaliar os dois grandes grupos nos quais se esperam maiores impactos da adoção e difusão de IoT industrial: (1) as indústrias de

base/processos e (2) as fábricas/manufatura. Para isso, foram selecionados setores representativos, sendo dois para cada grupo:

- Indústrias de base – intensivas em processo:
 - Exploração e produção de petróleo e gás natural.
 - *Upstream* de mineração.
- Manufaturas – fábricas:
 - Setor automotivo.
 - Setor têxtil.

A partir da avaliação desses setores, é possível estabelecer possíveis impactos de IoT nas indústrias, de forma mais ampla. Foram discutidos os usos e aplicações de IoT, assim como projetos icônicos que poderiam impulsionar o desenvolvimento tecnológico no futuro. Definimos alguns arquétipos que irão norteá-los.

Após o mapeamento dos desafios solucionados por IoT, serão apresentadas as aplicações, seguidas de exemplos e detalhamento tecnológico de algumas delas. Por fim, tratamos das barreiras ao desenvolvimento e à adoção de IoT nas indústrias, assim como das iniciativas para superá-las. A maneira como tais iniciativas serão estruturadas e a forma do Plano de Ação será exposta no Produto 8: Relatório do Plano de Ação.

3 Frente Mobilizadora de Indústrias

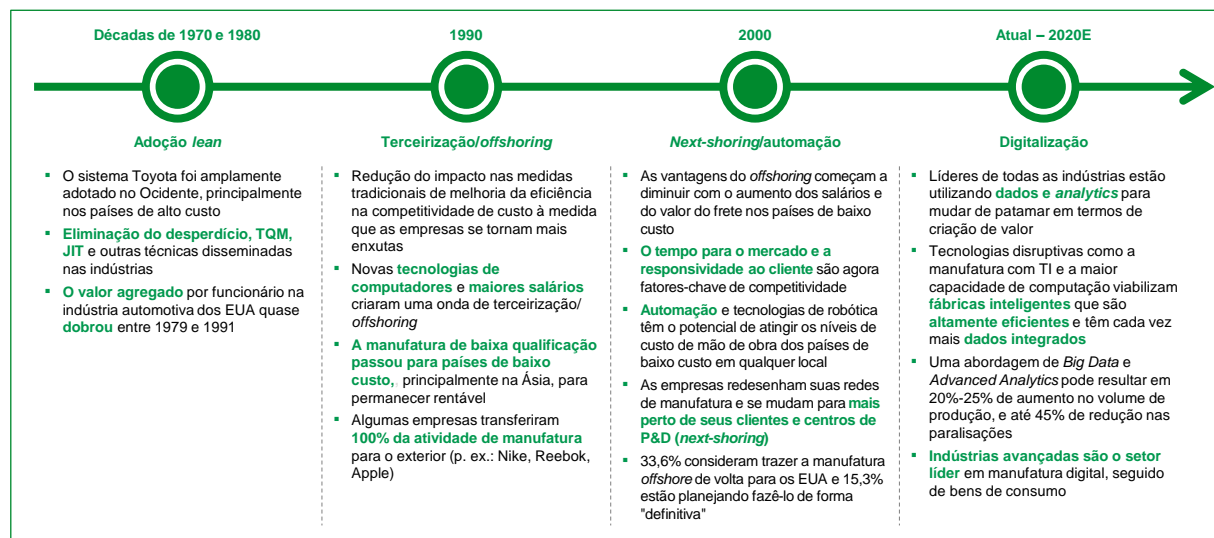
3.1 O barateamento das tecnologias e a pressão competitiva impulsionam a adoção de IoT

O desenvolvimento e a incorporação de novas tecnologias têm levado a mudanças nos modelos de negócios e nos processos de desenho, engenharia e produção. A rápida digitalização, o uso generalizado de sensores, a criação de soluções integradas de controle e automação, e a análise de quantidades massivas de dados (*big data*) são algumas características das indústrias modernas.

O barateamento das tecnologias de sensoriamento e conectividade, aliado à pressão por aumento de competitividade, impulsiona a adoção de novas tecnologias de forma cada vez mais rápida. O QUADRO 2 mostra a evolução das alavancas de produtividade desde a década de 1970 e destaca as mais recentes relacionadas com a digitalização da indústria.

QUADRO 2

A indústria busca novas oportunidades para impulsionar a produtividade



FONTE: Economist, Ivey Business Journal, MIT, Wilson Center

A maior disponibilidade de dados em conjunto com novas ferramentas de análise, interpretação e tomadas de decisão viabilizam uma maior integração e autonomia nos sistemas de produção. Diferente de avanços tecnológicos anteriores, a adoção de IoT pode ocorrer de forma mais gradual pela incorporação de sensores e conectividade nos sistemas, máquinas e equipamentos já em operação, pois existe um grande desafio gerencial de atualizar o parque de máquinas, de acordo com os novos requisitos tecnológicos. As empresas pesam cuidadosamente os benefícios de introduzir novas tecnologias quanto a possíveis riscos de confiabilidade dos processos. Dessa forma, a necessidade de menor substituição das máquinas pode impulsionar o desenvolvimento e adoção de IoT. No entanto, é necessário que a base industrial instalada seja relativamente moderna.

3.2 O cenário da indústria apresenta desafios comuns

Como mencionado, a partir do contexto brasileiro foram selecionados quatro setores representativos: automotivo, têxtil, mineração, e petróleo e gás. Os dois primeiros ligados à manufatura e os dois últimos ligados a indústrias de processo.

O setor automotivo é um dos principais usuários de tecnologia no que se refere à manufatura e apresenta uma forte expansão nos últimos anos. O setor têxtil possui uma base instalada importante, porém com empresas de menor porte e uma cadeia produtiva pulverizada. O setor de petróleo e gás, por sua vez, possui uma cadeia produtiva robusta, com empresas operadoras de grande porte e novos paradigmas de produção *offshore*. A mineração é um setor maduro e competitivo globalmente que poderá fazer uso de IoT para reduzir impactos ambientais e obter um maior controle e eficiência no processo.

Vale destacar que todos esses setores possuem em comum o fato de já terem iniciativas em andamento no tema de IoT, o que corrobora o estudo nestes segmentos.

A redução do dinamismo no mercado doméstico também afetou a **indústria de manufatura local**, principalmente os setores de bens de consumo duráveis e não duráveis¹.

A **indústria automobilística brasileira** vem enfrentando situações adversas desde 2013. Um agravante é o fato de a crise ter atingido as montadoras quando se concluía um novo ciclo de expansão industrial. Com incentivos governamentais, o Brasil passou de 53 fábricas de automóveis em 2011 para 65 em 2015. A capacidade ociosa em 2016 foi maior que 50%. Além disso, o foco da produção automotiva brasileira em seu último ciclo de crescimento foi em modelos de entrada, com produção menos sofisticada, o que mascarou deficiências tecnológicas do setor.

O **setor têxtil**, por sua vez, enfrentou a concorrência acirrada de países asiáticos nas últimas décadas, mas, mesmo assim, continua tendo uma grande importância no faturamento e na geração de empregos no Brasil. Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), espera-se um faturamento de US\$ 37 bilhões em 2017 e a comercialização de 5,4 bilhões de peças pelas mais de 32 mil empresas do setor.

As indústrias brasileiras vêm enfrentando um momento difícil por causa do cenário internacional e pela situação atual da economia brasileira. O fim do ciclo de crescimento puxado por *commodities* revela-se na diminuição do preço do petróleo e do minério de ferro no mercado internacional. As **indústrias extrativas** brasileiras enfrentam, em geral, situação adversa no momento.

O **setor global de petróleo e gás** também tem enfrentado fortes contratemplos. A queda brusca dos preços do petróleo e a retração têm levado as empresas do setor a conter gastos, reduzir o quadro de funcionários e adiar projetos.

¹ O setor de bens de capital sofre severa recessão no momento. No entanto, optou-se por aprofundar a análise dos segmentos de bens de consumo pelo seu maior potencial de impacto positivo com a adoção de IoT. Espera-se que, ao compreender essas dinâmicas e oportunidades, o setor de bens de capital seja beneficiado indiretamente.

A desaceleração chinesa impactou negativamente o desempenho da **indústria mineral**, comprimindo as margens das mineradoras diante da retração de receitas causada pela diminuição dos preços das *commodities*. Outros fatores também estão pressionando esse setor, como a perda da eficiência da mão de obra, maior necessidade de investimento por tonelada e aumento no custo operacional. Alguns países já conseguiram reverter essa tendência, porém não é certo como isso vai evoluir no Brasil nos próximos anos.

Com tantos desafios, as empresas estão buscando estratégias mais ambiciosas para aumentar a eficiência, a fim de garantir a viabilidade e o crescimento. As tecnologias digitais têm um papel crítico nesse movimento. A primeira onda digital da indústria, que durou da década de 1990 até o final dos anos 2000, viu a tecnologia gerar um valor substancial através de automação, modelagem 3D e controle de processos avançados. Os avanços tecnológicos recentes têm o potencial de inaugurar uma segunda onda de aumento de produtividade e desempenho, mas somente se as empresas aproveitarem as tecnologias certas para sustentarem suas estratégias de negócios.

3.3 A elaboração de projetos icônicos pode incentivar o desenvolvimento tecnológico

Há muitas aplicações possíveis de IoT na indústria, do monitoramento remoto de ativos até manutenção preditiva, passando por soluções de controle e gestão de estoque. Porém, o desenvolvimento ainda é desigual entre indústrias e o ritmo de adoção é baixo no Brasil.

Todos os setores podem se beneficiar com o desenvolvimento e adoção de IoT, porém em muitos casos isso depende da aplicação customizada das soluções. A realização de projetos experimentais (*testbeds*) possibilita o aprendizado e a maior aceitação das novas tecnologias nos diversos setores.

Ampliar esse processo e viabilizar o desenvolvimento de tecnologias mais complexas e sofisticadas nos diversos segmentos dependeria também do incentivo à cooperação entre empresas, seus fornecedores, demandantes de serviços e equipamentos, universidades e centros de pesquisa. Focalizar em alguns desafios e grandes demandas locais poderia ser uma alternativa para incentivar essa cooperação.

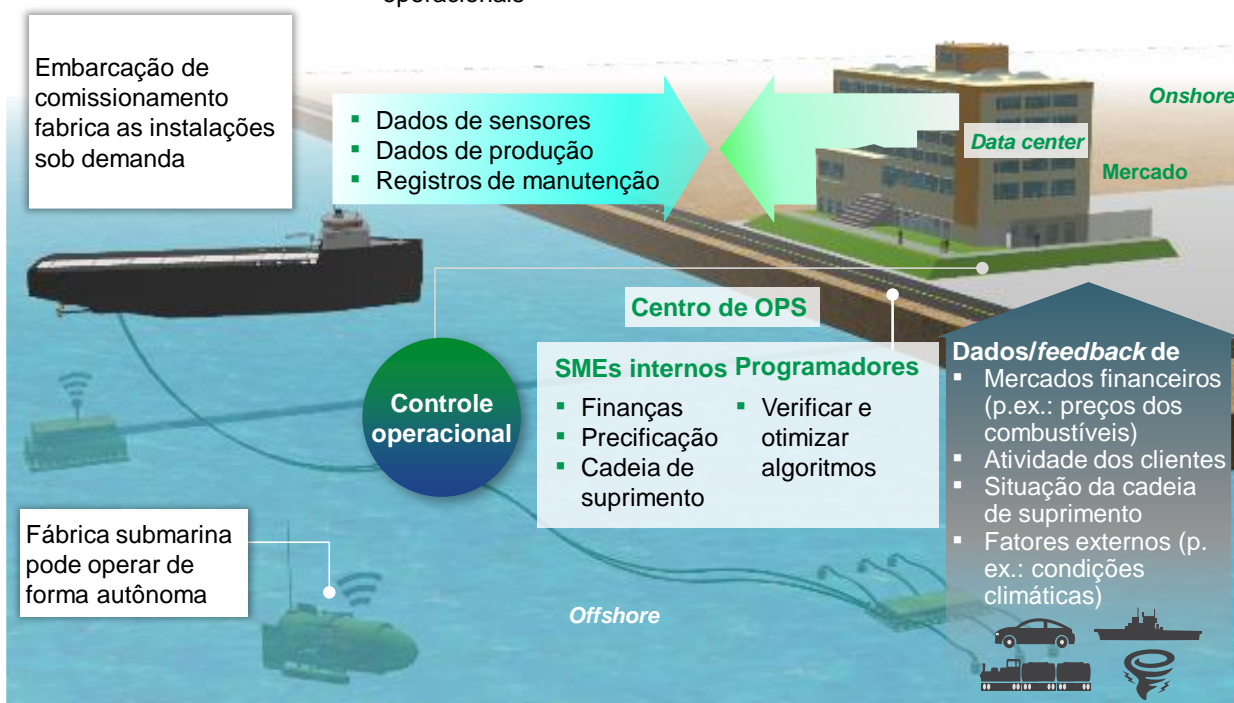
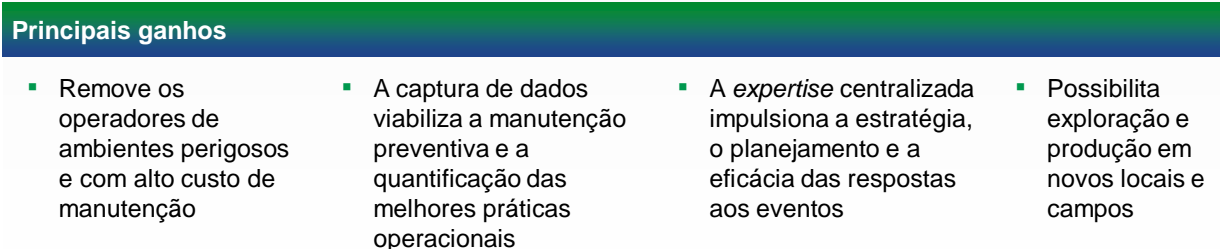
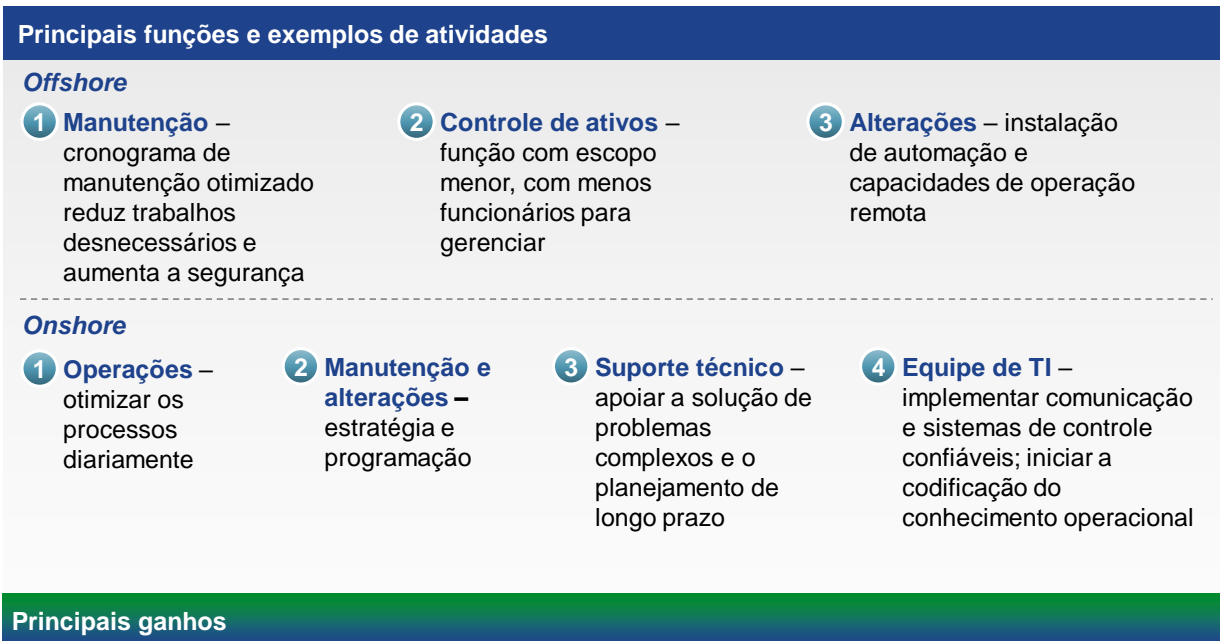
A elaboração de projetos icônicos que representam determinadas "missões" é uma forma de estabelecer uma visão de futuro e incentivar a participação e coordenação entre diferentes atores públicos e privados. Ao se desenvolver soluções inovadoras, é possível incorporar tecnologias que gerem repercussões em outros setores da economia. Assim, tais desenvolvimentos serviriam de exemplo para acelerar a adoção e a difusão de novas soluções.

Na realização deste projeto, discutiu-se a viabilidade desse cenário em diversos segmentos e setores, e alguns potenciais projetos icônicos foram citados. Embora esses projetos se utilizem de IoT, naturalmente, eles também requerem outros componentes tecnológicos. Ilustramos a seguir alguns desses potenciais projetos.

Nas indústrias extrativas, como as de mineração e petróleo, é comum a existência de localidades com condições impróprias, de difícil acesso e perigosas para a presença humana. Nesses ambientes, a utilização de dispositivos inteligentes e conectados permite que atividades sejam concluídas remotamente ou até mesmo sem a necessidade de intervenção humana, como pode ser visto nos dois projetos icônicos a seguir.

Para exploração e produção (E&P) *offshore*, um possível projeto icônico é o de uma fábrica submarina (*subsea factory*) operada de forma autônoma e segura, como pode ser visto no QUADRO 3. A transformação das plataformas de extração em instalações operadas remotamente aumenta a segurança para os trabalhadores, reduz o número de técnicos de campo, aumenta a confiabilidade e controle do processo de E&P, pode vir a reduzir falhas e paradas. Do ponto de vista de inovação tecnológica, esse tipo de projeto requer avanços que podem ser aproveitados em outros setores, o que pode viabilizar novas tecnologias que reduzam custos e permitam a exploração mais eficiente ou até em novos locais e campos.

Fábrica submarina (*Subsea factory*)



FONTE: MGI; análise do consórcio

Outro projeto icônico para extração mineral é o de minas autônomas/operadas remotamente, como a mostrada no QUADRO 4. Nesse tipo de mina, as tecnologias poupam os trabalhadores de se submeterem a condições insalubres, melhoram a produtividade da mina, reduzem custos e podem diminuir falhas e paradas de produção.

QUADRO 4

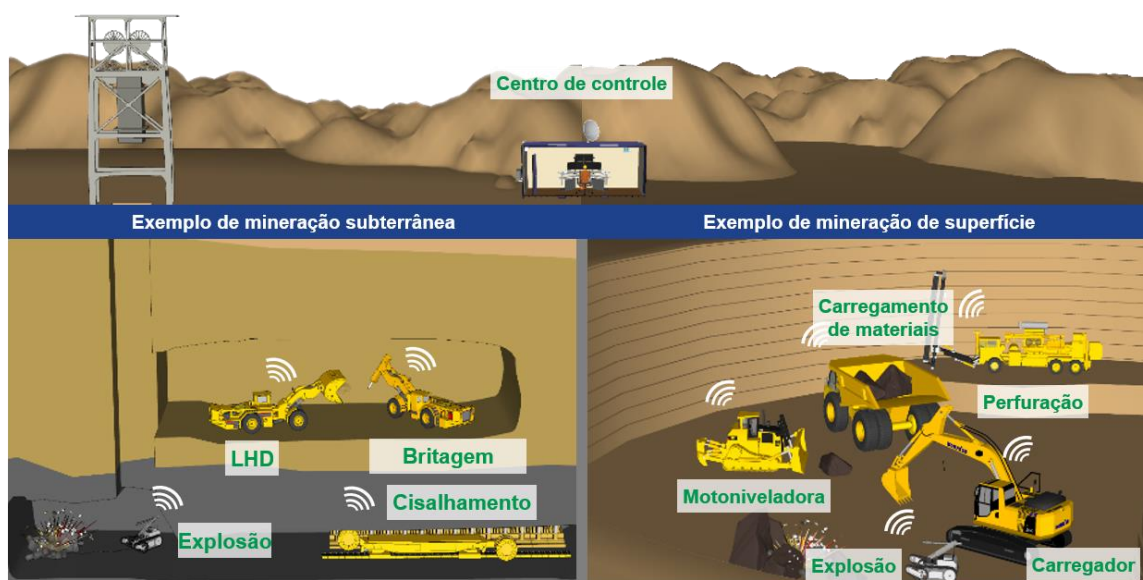
Mina automatizada

Principais funções e exemplos de atividades

- | | |
|--|---|
| <p>1 Centro de controle – infraestrutura mínima no local com controle perfeito do uso de equipamentos e monitoramento/<i>feedback</i> ao vivo</p> <p>2 Explosão – robôs colocam cargas e a detonação é feita remotamente</p> <p>3 Perfuração – operação autônoma sem funcionários dentro dos equipamentos</p> | <p>4 Cisalhamento – operação autônoma sem funcionários na superfície da rocha</p> <p>5 Melhoria de materiais – operação autônoma sem funcionários dentro de veículos e equipamentos por dispositivos móveis</p> |
|--|---|

Principais ganhos

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Maior parte dos funcionários é retirada de ambientes perigosos ▪ Melhores práticas usadas consistentemente nos equipamentos | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Infraestrutura de suporte mínima necessária no local ▪ Ganhos de eficiência a partir da utilização ideal dos equipamentos |
|--|--|



FONTE: MGI; análise do consórcio

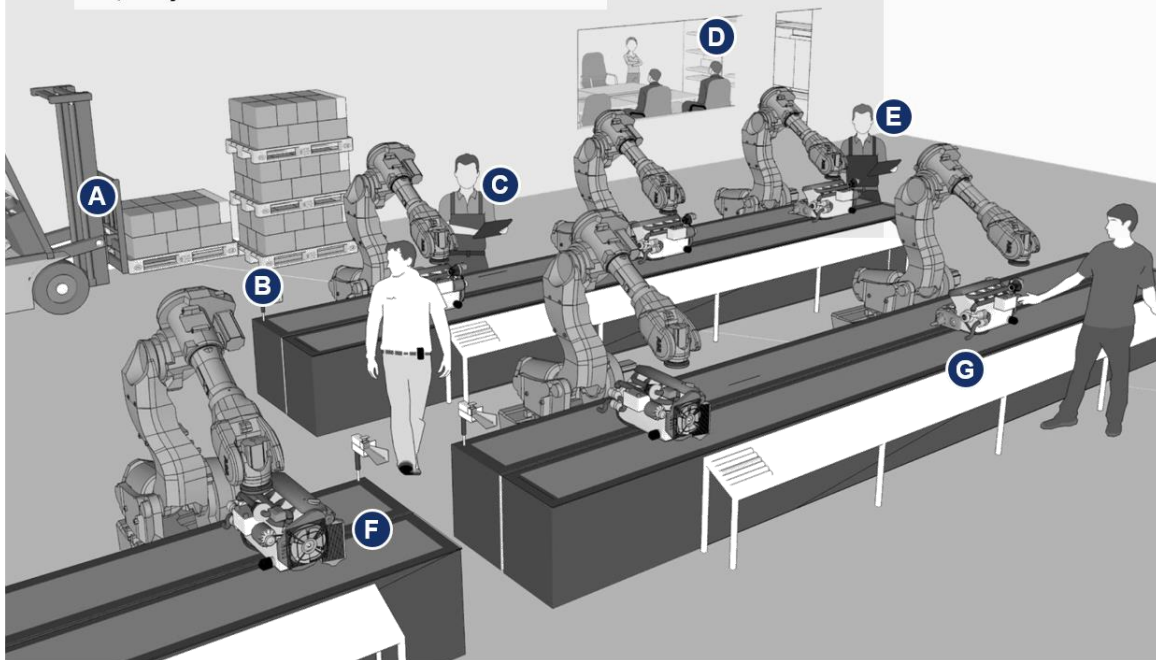
No ambiente fabril de produção de bens de consumo há alguns modelos que se destacam como as possíveis “plantas do futuro”. Dois deles, em especial, fazem uso extensivo de

tecnologias de Internet das Coisas: plantas automatizadas inteligentes e plantas centradas no cliente. A primeira concentra-se em trazer novos patamares de produtividade e eficiência de custos, como pode ser visto no QUADRO 5, e a segunda permite um grau mais avançado de customização dos produtos e a possibilidade de enxergar o processo de forma integrada, como pode ser observado no QUADRO 6.

QUADRO 5

Planta automatizada inteligente

- A** **Equilíbrio da oferta/demanda:** produtos acabados indo para o mercado de massa e semiacabados indo para uma planta centrada no cliente
- B** **Recurso/processo:** coleta de dados na cadeia de suprimento, comunicação completa M2M e M2Cloud
- C** **Recurso/processo:** monitoramento em tempo real e ajuste de todas as operações de plantas
- D** **Utilização de ativos:** controle e gestão remotos com base na visibilidade total das operações
- E** **Utilização de ativos:** chamada pelas máquinas, manutenção usa ferramentas de realidade aumentada
- F** **Recurso/processo:** processo completo e automatização do fluxo de materiais de ponta a ponta
- G** **Mão de obra:** segurança no trabalho dos operadores com robôs no chão de fábrica

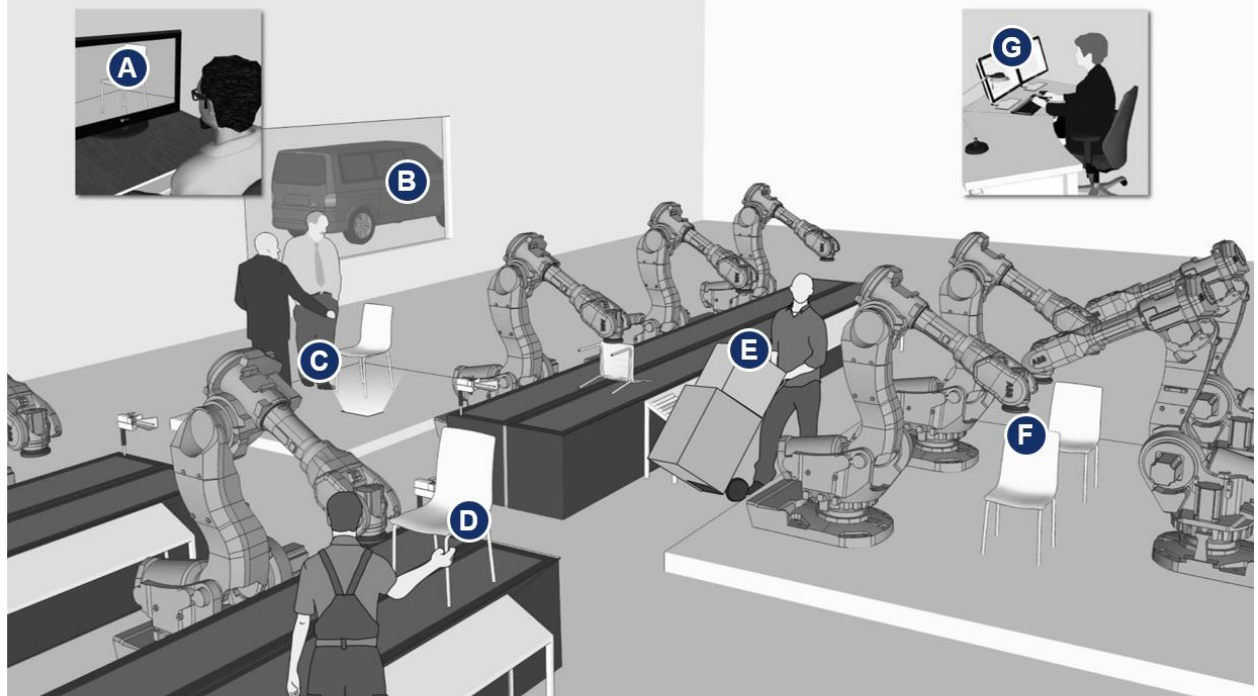


FONTE: MGI; análise do consórcio

QUADRO 6

Planta centrada no cliente

- A** **Equilíbrio da oferta/demanda:** cliente desenhando produto totalmente customizado *on-line*
- B** **Estoques:** produtos enviados diretamente ao cliente final
- C** **Equilíbrio da oferta/demanda:** produção iniciada mediante pedido do cliente
- D** **Estoques:** cadeia de suprimento ultraflexível produzindo fluxo de peças único
- E** **Utilização de ativos:** operador conectando rapidamente em um molde para a linha de produção
- F** **Utilização de ativos:** potencial uso de manufatura aditiva para produção direta
- G** **Equilíbrio da oferta/demanda:** produção de bens semiacabados planejada com base em *customer analytics*



FONTE: MGI; análise do consórcio





3.4 IoT como parte dos avanços tecnológicos da indústria

O uso das tecnologias na indústria proporciona às empresas uma oportunidade para melhorar a eficiência operacional e desafiar os modelos de negócios estabelecidos. Conforme mostrado no QUADRO 7, há quatro tipos principais de tecnologia aplicáveis à indústria, entre os quais dois serão aprofundados e descritos neste estudo com mais detalhes a seguir.

QUADRO 7

Quatro pilares que suportam os novos avanços tecnológicos da manufatura: dois contemplados no estudo

 Foco do estudo

	Conectividade e detecção (IoT)	▪ Interconexão de objetos e pessoas para reduzir drasticamente os custos de computação, armazenamento e aquisição de sensores e <i>hardware</i> de pequena escala
	Advanced analytics	▪ Novos métodos analíticos (descritivo, preditivo e prescritivo) para maximizar o valor de dados abundantes e complexos
	Robótica e automação	▪ Eliminação da necessidade de intervenção humana em funções que não exigem tomada de decisão através de inteligência artificial, visão mecânica etc.
	Digitalização	▪ Digitalização de processos de negócio viabilizada pela centralização e proliferação de dados

¹ As quatro categorias selecionadas cobrem toda a amplitude das oportunidades digitais observadas em petróleo e gás

FONTE: Catálogos de produtos de OEMs; análise McKinsey

3.4.1 Conectividade e detecção

Os custos de computação, armazenamento, sensores e *hardware* em pequena escala diminuíram significativamente nos últimos anos. Como resultado, a implantação de sensores nos processos está se multiplicando de forma acelerada, possibilitando capturar e armazenar uma vasta quantidade de dados. Além disso, a conectividade sem fio entre os componentes permite uma identificação rápida das condições do processo, possibilitando, por exemplo, a realização de manutenção preventiva no caso de desgastes.

3.4.2 Advanced analytics

Grandes avanços no campo da inteligência artificial, na aprendizagem de máquinas (*machine learning*) e a maior disponibilidade de dados (*big data*) permitiram impulsionar ganhos em produtividade. Os gerentes de operações podem usar *advanced analytics* para analisar profundamente dados históricos dos processos, identificar padrões e correlações









entre diferentes etapas e otimizar os fatores que mais impactam o rendimento. O uso de dados dos sensores permite melhorias no processo de desenho e engenharia de plantas e equipamentos, assim como a análise do comportamento do cliente pode gerar estratégias de preços mais efetivas. A disseminação de *advanced analytics* muda a forma de se fazer projetos de engenharia e leva a *insights* inesperados.

3.5 Desafios da indústria podem ser solucionados por IoT

Os principais desafios da indústria que podem ser solucionados com IoT estão relacionados com o aumento de produtividade e a incorporação de elementos inovadores nos processos produtivos. O QUADRO 8 exibe oito grupos de desafios, dos quais seis são impactados de forma mais significativa por IoT.

Desafios da indústria para aumento da produtividade


■ Maior impacto de IoT
 ■ Menor impacto de IoT


















Desafios	Descrição
 Recursos e processos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Melhorar processos em termos de consumo de material, velocidade de execução ou rendimento ▪ Aperfeiçoar o desenho dos processos com o uso intensivo de tecnologia
 Bens de capital	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incrementar o uso de ativos, diminuindo o tempo de inatividade ▪ Aperfeiçoar o desenho da nova geração de ativos
 Estoque e cadeia de fornecimento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzir excesso de estoque para diminuir capital imobilizado ▪ Melhorar a integração entre diferentes elos da cadeia de fornecimento
 Mão de obra	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzir tempo de espera dos trabalhadores ▪ Aumentar a velocidade das operações ▪ Mudar a forma como escritórios de projetos de engenharia trabalham para incorporar tecnologia de forma mais ampla
 Serviços e pós-venda	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Criar novos modelos de negócios baseados em serviços ▪ Ofertar soluções para diminuir custos com serviços e tempo de inatividade de máquinas
 Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Melhorar a qualidade dos produtos ▪ Eliminar falhas durante o processo de criação de valor
 Adequação de oferta	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Otimizar a correspondência de oferta de produtos com base no que os consumidores realmente valorizam e querem comprar
 Tempo para mercado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Levar novos produtos para o mercado em menos tempo

FONTE: MGI, análise do consórcio

Com o estudo das iniciativas existentes nas indústrias, é possível perceber que existem diversas aplicações de IoT que impactam os seis desafios. No QUADRO 9 são apresentadas algumas dessas aplicações, indicando-se tanto o impacto como as alavancas desses usos.

Seleção de cinco aplicações de IoT para detalhamento no estudo

 Aplicações selecionadas para detalhamento

Desafios	Aplicações	Impacto estimado	Alavancas de impacto
Recursos e processos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Otimização de processos em tempo real 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento do rendimento
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rastreamento e monitoramento remoto de equipamentos e materiais 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução do índice de perdas de materiais
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Consumo de energia inteligente 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminuição de custos
Bens de capital 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manutenção preditiva com <i>insights</i> baseados em dados 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminuição do tempo de inatividade das máquinas
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desenho de equipamentos com base em dados de uso 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução dos custos de manutenção
Estoque e cadeia de fornecimento 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Otimização de estoque em tempo real 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminuição dos ativos imobilizados em estoque
Mão de obra 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoramento de atividades dos funcionários 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução do tempo de espera entre ações
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Melhoria de performance pelo uso de realidade aumentada 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento da velocidade de realização de tarefas
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Controle de equipamentos em caso de ameaça à segurança 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminuição de acidentes
Serviços e pós-venda 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Venda cruzada de itens aos usuários com bases em <i>insights</i> dos sensores 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de vendas de produtos
Qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoramento em tempo real para correções de erros de produção 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diminuição de erros de qualidade

FONTE: MGI, análise do consórcio

3.6 Aplicações selecionadas para detalhamento

Muitas soluções de IoT são aplicáveis a diversos setores na indústria. A manutenção preditiva, por exemplo, já é utilizada extensivamente para reduzir custos desnecessários com equipamentos. Problemas com estoque também são intrínsecos à indústria, por isso as aplicações de IoT na otimização da gestão de estoque são de interesse geral.

Para entender as competências tecnológicas necessárias ao desenvolvimento de soluções de IoT, especialistas do BNDES e do consórcio selecionaram um conjunto de aplicações e as detalharam, com base em quatro critérios: (1) transbordamento para outros setores; (2) rapidez para adoção; (3) expectativa de adoção a longo prazo e (4) captura de valor esperada. Essa reflexão resultou na seleção de seis aplicações listadas a seguir e detalhadas nos quadros 10 a 15:

- Manutenção preditiva de plataformas *offshore*.
- Monitoramento de barragens.
- Monitoramento de ativos de mineração.
- Otimização de estoque em tempo real.
- Desenho de equipamentos baseado em dados de uso.
- Monitoramento de atividades dos funcionários.

QUADRO 10

Manutenção preditiva de plataformas *offshore*

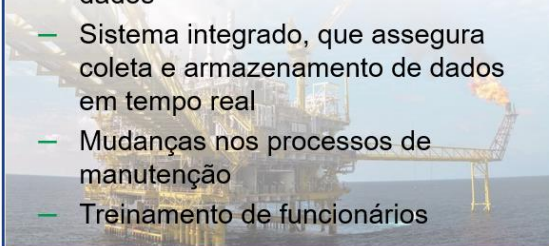
Custos com manutenção e parada de máquinas são críticos em plataformas de exploração de petróleo

- Gastos com manutenção representam um percentual muito alto das despesas operacionais das plataformas *offshore* de extração de petróleo
- Além dos gastos diretos, o tempo de inatividade da plataforma por causa da manutenção também representa uma perda significativa para as empresas



O uso de manutenção preditiva pode trazer ganhos financeiros muito significativos

- Por meio da implantação de um sistema de manutenção preditiva é possível reduzir OPEX e CAPEX, além de aumentar a receita graças ao maior tempo produtivo
- Alguns elementos desse sistema são:
 - Abordagem matemática, baseada em dados
 - Sistema integrado, que assegura coleta e armazenamento de dados em tempo real
 - Mudanças nos processos de manutenção
 - Treinamento de funcionários



FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, análise do consórcio

QUADRO 11

Monitoramento de barragens

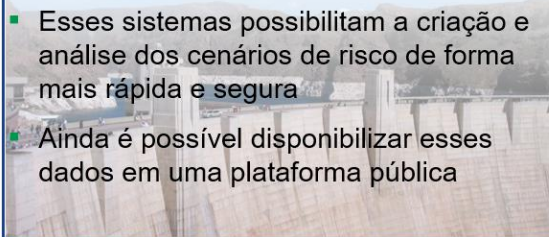
O tempo para analisar dados relativos ao risco das barragens ainda é elevado

- O monitoramento de barragens vem ganhando destaque nos últimos anos, em razão da sensibilidade crescente sobre questões ambientais
- Hoje já existem diversos sistemas de monitoramento de barragens, porém o tempo para coletar e analisar dados é grande



O uso de IoT pode acelerar a análise de riscos e disponibilizar informações de forma mais abrangente

- Novas soluções de monitoramento de barragens integram diversos sensores e subsistemas:
 - Sensores radar
 - Sensores instalados na barragem
 - Sensores no leito da barragem
 - Subsistema de imagens de satélite
- Esses sistemas possibilitam a criação e análise dos cenários de risco de forma mais rápida e segura
- Ainda é possível disponibilizar esses dados em uma plataforma pública



FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, análise do consórcio

QUADRO 12

Monitoramento de ativos de mineração

Falta de boas práticas pode levar a perdas de eficiência dos caminhões

- É comum observar situações em que alguns motoristas não seguem a programação de viagens ou não fazem o abastecimento de combustível nos momentos adequados
- Isso aumenta o número de paradas e a chance de ocorrência de panes secas



FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, análise do consórcio

Com o monitoramento da localização e das condições dos caminhões é possível otimizar custos

- A central monitora a localização e as condições de uso de veículos nas operações, como o nível de combustível, temperatura do motor e outras variáveis
- Veículos da frota são automaticamente alertados quando seus tanques chegam a 10% do nível de combustível
- O sistema permite otimizar o número de paradas e melhorar o planejamento de viagens, aumentando a produtividade da frota



QUADRO 13

Otimização de estoque em tempo real

A gestão de estoques com grande quantidade de itens é complexa e pode exigir muitos recursos

- Com o aumento da complexidade das operações industriais, o número de itens estocados tem aumentado cada vez mais
- Um estoque maior do que o necessário imobiliza capital da empresa
- Caso não seja bem gerido, o estoque pode diminuir a produtividade das fábricas



FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, análise do consórcio

Tecnologias de IoT permitem uma gestão mais eficiente do estoque

- O desenvolvimento de sensores minúsculos e de baixo custo, como os sensores de identificação por radiofrequência (RFID), permite um nível de granularidade maior para a gestão de qualidade dos produtos
- Os sensores transmitem sinais em tempo real dos níveis de estoque, evitando assim gastos desnecessários
- Se algum item for extraviado ou estiver fora das condições ideais de armazenamento, os sensores alertam a equipe do depósito, que rastreia a localização exata do item



QUADRO 14

Desenho de equipamentos baseado em dados de uso

Desenho de equipamentos usualmente é feito coletando dados apenas dos ensaios realizados em laboratório

- Tradicionalmente, o desenho de equipamentos e máquinas se baseia nas simulações computacionais e dados de ensaios realizados em laboratórios
- Esse tipo de metodologia é consagrado na indústria, porém a retroalimentação de dados sobre a operação das máquinas nas linhas de produção é mais difícil



Com a grande quantidade de sensores nos equipamentos é possível usar dados de produção para otimizar o desenho dos equipamentos

- Com a disseminação da IoT será possível usar dados vindos das máquinas nas linhas de produção para aperfeiçoar o desenho dos equipamentos
- Metodologias de *advanced analytics* podem ser usadas nessas grandes quantidades de dados para chegar a descobertas inovadoras e melhorias significativas no desenho dos equipamentos



FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, análise do consórcio

QUADRO 15

Redesenho de plantas baseado nas atividades

A gestão de operações em plantas de fábricas é complexa devido à grande quantidade de equipamentos, processos, peças e pessoas

- Com o aumento da complexidade das operações industriais, o número de itens estocados tem aumentado cada vez mais
- Um estoque maior do que o necessário imobiliza capital da empresa
- Caso não seja bem gerido, o estoque pode diminuir a produtividade das fábricas



Com o rastreamento dos ativos móveis e monitoramento das pessoas é possível redesenhar as plantas das fábricas para que sejam mais eficientes

- Com IoT é possível monitorar tanto os ativos móveis da fábrica como os funcionários, bem como identificar potenciais gargalos de produção
- Através de um mapa com informações quantitativas do processo, é possível redesenhar as plantas com base nas atividades realizadas e otimizá-la de forma significativa



FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, análise do consórcio

3.7 Competências tecnológicas essenciais para o desenvolvimento de IoT

Nesta seção, serão descritas as tecnologias com potencial para atender os requisitos das aplicações de IoT em indústrias com maior relevância para o desenvolvimento de IoT no país.

O levantamento das tecnologias foi feito por meio do desenho de possíveis soluções que possam atender a essas aplicações e que estão detalhadas no Anexo. Cabe ressaltar que esse exercício não é exaustivo, nem contempla todas as possibilidades de uso dessas tecnologias, uma vez que o número de combinações possível torna essa abordagem inviável.

Esta seção não visa esgotar as possibilidades do uso de IoT no ambiente de indústrias apenas com as aplicações aqui em destaque. Embora tenham sido escolhidas pelo seu grande impacto no ambiente em análise², o total valor que IoT pode trazer para o ambiente de indústrias é resultado de diversas outras aplicações aqui não descritas.

Supõe-se que as tecnologias destacadas para atender esse conjunto de aplicações também são válidas para a solução de outras não abordadas aqui, não somente nesse ambiente como em outros. Por exemplo, as tecnologias de *smart tags*, aplicáveis na gestão de estoques em fábricas, possuem aplicabilidade em várias situações na indústria, como monitoramento de ativos de mineração, ou mesmo em outros ambientes, como localização de ativos em hospitais. Sendo assim, a capacitação por parte dos atores locais em tecnologias acaba afetando a economia de maneira mais ampla e não se restringindo ao ambiente de aplicação da solução tecnológica.

A análise de tecnologias realizada nesta seção permite mapear aquelas que merecem atenção para o uso de IoT e que, conseqüentemente, as empresas da cadeia de TIC no Brasil podem ter interesse em utilizar para o desenvolvimento de produtos de IoT.

O QUADRO 16 apresenta o agrupamento de tecnologias que será analisado no desenho das soluções de IoT para essas aplicações, com uma breve descrição. Após o desenho de possíveis soluções para as aplicações selecionadas, o quadro apresenta o grau de relevância de cada tipo de tecnologia para esse ambiente, atribuído em função do número de aplicações em que a tecnologia foi usada.

² Também é considerado o impacto futuro que a aplicação trará ao ambiente. Nesse caso, as aplicações de desenho baseado no uso e integração da planta produtiva, que hoje possuem baixo impacto, tendem a ser muito mais relevantes com o amadurecimento de IoT nesse ambiente.

Indústrias: necessidade tecnológicas

Aplicação	Nome	Manutenção preditiva de plataformas offshore	Monitoramento de barragens	Monitoramento de ativos de mineração	Gestão de estoque	Integração da planta produtiva	Engenharia de produtos baseada em dados de sensores	Necessidade
Dispositivos 	▪ Armazenamento de energia		✓		✓	✓		<input type="checkbox"/>
	▪ Atuadores		✓					<input type="checkbox"/>
	▪ <i>Energy harvesting</i>		✓					<input type="checkbox"/>
	▪ Integração de componentes							<input type="checkbox"/>
	▪ Módulo de geolocalização			✓				<input type="checkbox"/>
	▪ Sensores biológicos/químicos	✓						<input type="checkbox"/>
	▪ Sensores eletro/magnéticos	✓						<input type="checkbox"/>
	▪ Sensores eletro/mecânicos	✓	✓	✓				<input type="checkbox"/>
	▪ Sensores ópticos/imagem	✓	✓					<input type="checkbox"/>
	▪ Sistema embarcado compacto							<input type="checkbox"/>
	▪ Sistema embarcado de alto desempenho							<input type="checkbox"/>
	▪ Sistema embarcado de baixo consumo			✓				<input type="checkbox"/>
	▪ <i>Smart tag</i>			✓	✓	✓		<input type="checkbox"/>
Conectividade 	▪ Redes <i>Low Power Wide Area</i>		✓				✓	<input type="checkbox"/>
	▪ Redes cabeadas	✓	✓			✓		<input type="checkbox"/>
	▪ Redes de celular			✓			✓	<input type="checkbox"/>
	▪ Redes de curto alcance e alta banda	✓				✓	✓	<input type="checkbox"/>
	▪ Redes de curto alcance e baixa banda			✓	✓	✓	✓	<input type="checkbox"/>
	▪ Redes <i>mesh</i>							<input type="checkbox"/>
	▪ Redes <i>Ultra Wideband</i>				✓			<input type="checkbox"/>
	▪ <i>Advanced analytics</i>	✓	✓			✓		<input type="checkbox"/>
▪ <i>Analytics</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	<input type="checkbox"/>	
▪ Banco de dados não relacional					✓		<input type="checkbox"/>	
▪ Banco de dados relacional			✓	✓		✓	<input type="checkbox"/>	
▪ Computação de alto desempenho							<input type="checkbox"/>	
▪ <i>Edge computing</i>	✓	✓					<input type="checkbox"/>	
▪ <i>Geoanalytics</i>			✓				<input type="checkbox"/>	
▪ <i>Middleware IoT em nuvem</i>	✓	✓		✓	✓	✓	<input type="checkbox"/>	
▪ <i>Middleware IoT on premises</i>	✓		✓	✓	✓		<input type="checkbox"/>	
▪ Visão computacional							<input type="checkbox"/>	
Segurança da informação 	▪ Criptografia embarcada						✓	<input type="checkbox"/>
	▪ <i>Anti jamming</i>							<input type="checkbox"/>
	▪ <i>Anti tampering</i>							<input type="checkbox"/>
	▪ Assinatura digital						✓	<input type="checkbox"/>
	▪ <i>Blockchain</i>							<input type="checkbox"/>
	▪ Controle de acesso ao dispositivo						✓	<input type="checkbox"/>
	▪ Falha segura						✓	<input type="checkbox"/>
	▪ <i>Firmware seguro</i>	✓					✓	<input type="checkbox"/>
	▪ Ingresso seguro à rede de acesso						✓	<input type="checkbox"/>
	▪ Prevenção a DDoS						✓	<input type="checkbox"/>

FONTE: Análise do consórcio

Os quadros 17 a 20 mostram um panorama entre as necessidades de tecnologias que as aplicações relevantes na vertical demandam e a respectiva capacidade tecnológica no Brasil. Conduziu-se uma análise qualitativa, para cada tecnologia demandada na vertical, bem como para a mesma tecnologia no que se refere à capacidade tecnológica local³.

A relevância da tecnologia para o desenvolvimento das aplicações na vertical é indicada por um ícone em forma de um círculo preenchido. Quanto mais preenchido, mais relevante a tecnologia para aquela vertical.

Já a capacidade tecnológica local é indicada por ícones semafóricos, atribuídos em função do número de organizações que possui competências necessárias para o desenvolvimento da referida tecnologia, conforme respondido na pesquisa “3º Bytes de IoT”, conduzida entre maio e junho de 2017. Assim, se uma dada tecnologia possui um número elevado de atores⁴ capacitados a explorá-la o ícone é verde. Os ícones amarelo e vermelho derivam dessa análise⁵.

O QUADRO 17 apresenta a análise para a camada de dispositivos na vertical indústria. Como pode ser observado, as tecnologias mais relevantes para o desenvolvimento de aplicações na vertical são sensores eletro/mecânicos, seguidos por armazenamento de energia, sensores óptico/imagem e *smart tags*. Verifica-se uma menor capacidade tecnológica local para o desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia e *energy harvesting*, em razão do baixo número (menos que 30%) de atores que atualmente possuem competências para tal.

³ A capacidade tecnológica das empresas foi mapeada por meio de auto declaração dos atores.

⁴ Atores incluem empresas e ICTs que responderam à pesquisa.

⁵ Foram atribuídas notas para cada tecnologia em função do número de atores que declararam trabalhar com determinada tecnologia. As notas foram obtidas através da normalização do número de atores para uma escala de 0 a 10, onde nota maior que 6 foi atribuído o sinal verde indicando que mais de 60% dos atores da amostra do Bytes tem capacidade em determinada tecnologia. Para as notas entre 3 e 6 foram atribuídos os sinais amarelos e notas menores que 3 foram atribuídos os sinais vermelhos.

QUADRO 17

Indústrias: necessidades e capacidades na camada de dispositivos

● Baixa necessidade
● Alta necessidade

Tecnologias	Necessidades	Capacidades
▪ Armazenamento de energia		
▪ Atuadores		
▪ <i>Energy harvesting</i>		
▪ Integração de componentes		
▪ Módulo de geolocalização		
▪ Sensores biológicos/químicos		
▪ Sensores eletro/magnéticos		
▪ Sensores eletro/mecânicos		
▪ Sensores ópticos/imagem		
▪ Sistema embarcado compacto		
▪ Sistema embarcado de alto desempenho		
▪ Sistema embarcado de baixo consumo		
▪ <i>Smart tag</i>		

Fonte: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

O QUADRO 18 apresenta a análise para a camada de rede na vertical indústria. Como constatado, as tecnologias mais relevantes para o desenvolvimento de aplicações nessa vertical são as redes cabeadas e as redes de curto alcance. Quanto à capacidade tecnológica local, grande parte (mais de 60%) dos atores que atuam na vertical tem capacidade para explorar tecnologias de rede de curto alcance e alta banda.

QUADRO 18

Indústrias: necessidades e capacidades na camada de rede

● Baixa necessidade
● Alta necessidade

Tecnologias	Necessidades	Capacidades
▪ Redes <i>Low Power Wide Area</i>		
▪ Redes cabeadas		
▪ Redes de celular		
▪ Redes de curto alcance e alta banda		
▪ Redes de curto alcance e baixa banda		
▪ Redes <i>mesh</i>		
▪ Redes <i>Ultra Wideband</i>		

Fonte: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

O QUADRO 19 apresenta a análise para a camada de suporte à aplicação na vertical indústria. Com relação à capacidade tecnológica local, a maioria das empresas que atuam na vertical tem capacidade para explorar tecnologias para o tratamento de *big data* e

computação distribuída (*edge computing*⁶). Contudo, *middleware* IoT e *advanced analytics*, que são altamente relevantes para a vertical, mostram-se como pontos de atenção na oferta local.

QUADRO 19

Indústrias: necessidades e capacidades na camada de suporte à aplicação

● Baixa necessidade
● Alta necessidade

Tecnologias	Necessidades	Capacidades
▪ <i>Advanced analytics</i>		
▪ <i>Analytics</i>		
▪ Banco de dados não relacional		
▪ Banco de dados relacional		
▪ Computação de alto desempenho		
▪ <i>Edge computing</i>		
▪ <i>Geoanalytics</i>		
▪ <i>Middleware</i> IoT em nuvem		
▪ <i>Middleware</i> IoT on premises		
▪ Visão computacional		

Fonte: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

Por fim, o QUADRO 20 apresenta a análise para a camada de segurança na vertical. Para esta vertical, as necessidades de segurança não se mostram tão relevantes quanto para outras, como na vertical “cidade”. No que tange à capacidade tecnológica local, tecnologias para *firmware* seguro e *anti tampering* se destacam pelo baixo número de atores (menos que 30%) que possui competência para o seu desenvolvimento.

⁶ O conceito de *edge computing* neste relatório também engloba o conceito de *fog computing*. Tanto a *fog computing* quanto *edge computing* envolvem o direcionamento das capacidades de inteligência e processamento para perto de onde os dados são originados como, por exemplo, os sensores. A principal diferença entre as duas arquiteturas ocorre onde essa inteligência e poder de processamento são colocados. O *fog computing* direciona a inteligência para área local da arquitetura da rede, processando dados em um *fog node* ou *gateway* de IoT. O *edge computing* direciona a inteligência, o poder de processamento e as capacidades de comunicação de um *gateway* ou dispositivo de borda diretamente para controladores de automação programáveis.

QUADRO 20

Indústrias: necessidades e capacidades na camada de segurança

○ Baixa necessidade
● Alta necessidade

Tecnologias	Necessidades	Capacidades
▪ Criptografia embarcada		
▪ Anti jamming		
▪ Anti tampering		
▪ Assinatura digital		
▪ Blockchain		
▪ Controle de acesso ao dispositivo		
▪ Falha segura		
▪ Firmware seguro		
▪ Ingresso seguro à rede de acesso		
▪ Prevenção a DDoS		

Fonte: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

Notoriamente, o número de atores⁷ de pequeno porte, ou mesmo de *startups*, é muito expressivo, e quase 40% das ofertantes possuem menos de dez funcionários e cerca de 25% possuem mais de 100. Apesar da atuação de atores de menor porte representar dinamismo e atratividade na vertical, o número elevado traz incerteza quanto a se esse cenário se desenvolverá nos próximos cinco ou dez anos.

Há também a necessidade de alinhar os atores ofertantes com as principais demandas e desafios da vertical. Pode ser utilizada como exemplo a camada de dispositivos, que apesar de ser altamente relevante para o desenvolvimento de IoT na vertical, notoriamente, os atores ofertantes têm conhecimento mediano ou baixo a seu respeito.

Contudo, o cenário descrito também traz oportunidades que, se aproveitadas, poderão gerar grande impacto na vertical. Na dinâmica observada em que IoT tem grande potencial para alavancar a vertical, ao mesmo tempo em que empresas de tecnologia cada vez mais se interessam em desenvolver soluções com essa finalidade, a criação de mecanismos em que demandantes e ofertantes possam interagir e alinhar esforços, assim como investimentos sejam incentivados à luz desse alinhamento, tende a fomentar inovação capaz de alavancar a vertical.

Essa forma de interação entre demandantes, ofertantes e entidades de apoio, também conhecida como “rede de inovação”, possui grande apelo para a vertical indústria, bem

⁷ Atores incluem empresas e ICTs que participaram da Pesquisa Bytes de IoT

como para as demais verticais priorizadas, e será aprofundada nos próximos documentos deste estudo, em especial no Plano de Ação.

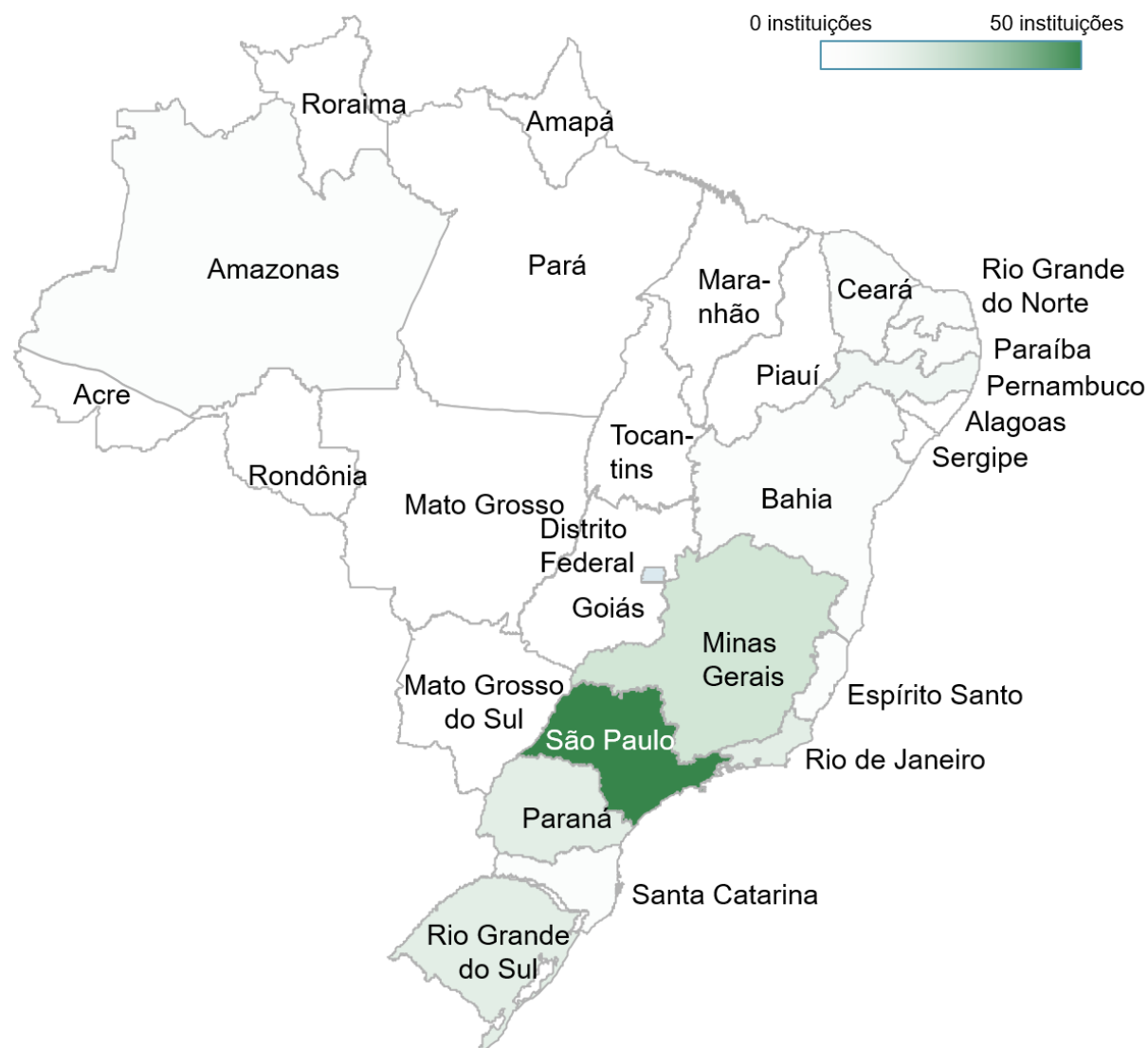
3.8 O Brasil já possui uma oferta de soluções tecnológicas de IoT

Os dois ambientes de aplicação que estão contidos na Frente Mobilizadora de Indústrias (fábricas e indústrias de base) já possuem atores internacionais e nacionais oferecendo soluções de IoT.

De acordo com a pesquisa auto declaratória do Bytes de IoT, ferramenta de engajamento digital do estudo, pelo menos 116 atores oferecem soluções para indústrias de base e 149 para fábricas, o que demonstra o grau de desenvolvimento dos ambientes de aplicação no país. As instituições estão concentradas principalmente nas regiões Sul e Sudeste do país, como pode ser visto nos quadros 21 e 22.

Distribuição geográfica da oferta de IoT em fábricas

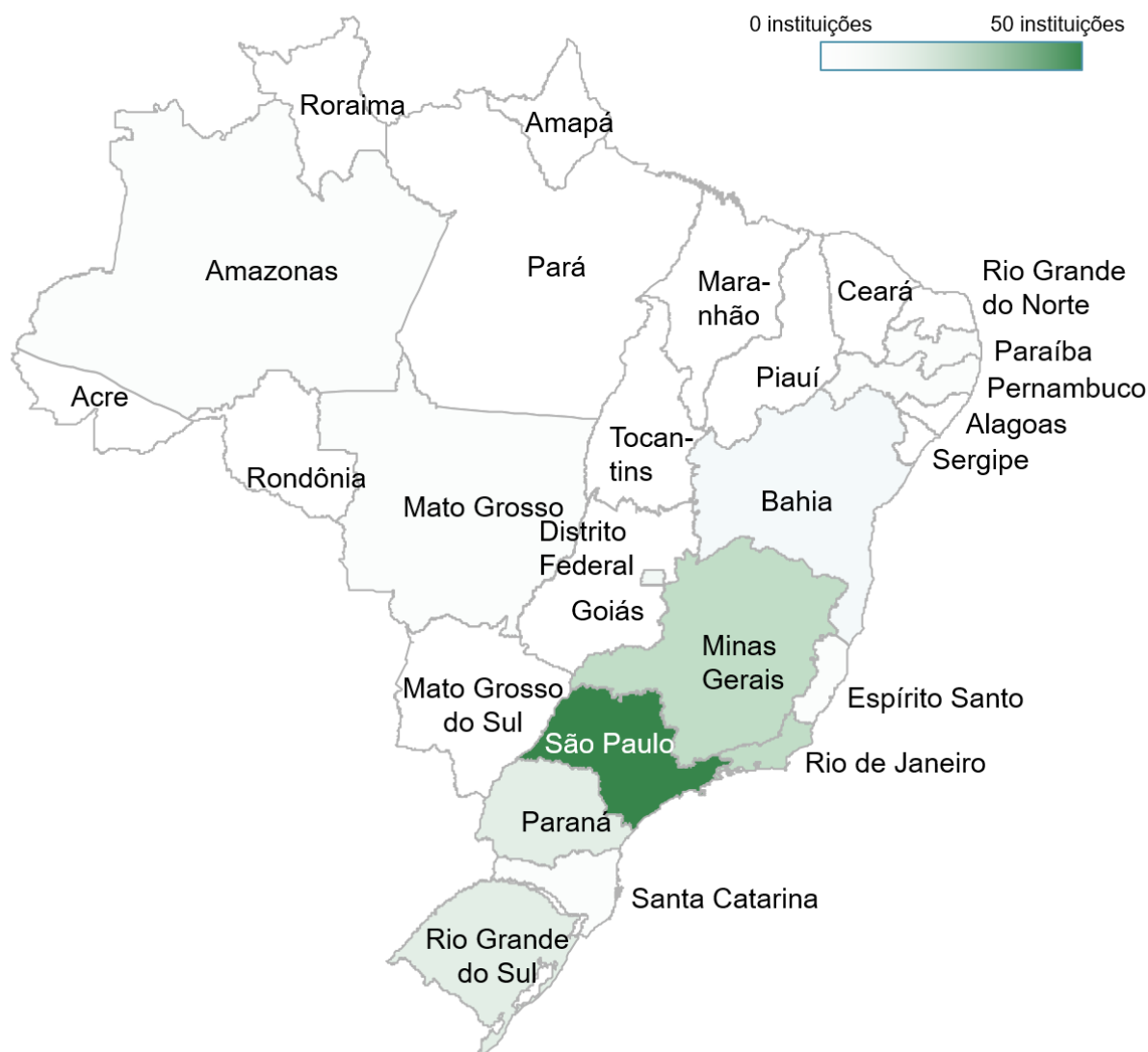
Instituições que oferecem soluções de IoT para fábricas



FONTE: Mapa brasileiro de IoT, pesquisa autodeclaratória realizada no âmbito do estudo, durante meses selecionados de 2017

Distribuição geográfica da oferta de IoT em indústrias de base

Instituições que oferecem soluções de IoT para indústrias de base



FONTE: Mapa brasileiro de IoT, pesquisa autodeclaratória realizada no âmbito do estudo, durante meses selecionados em 2017

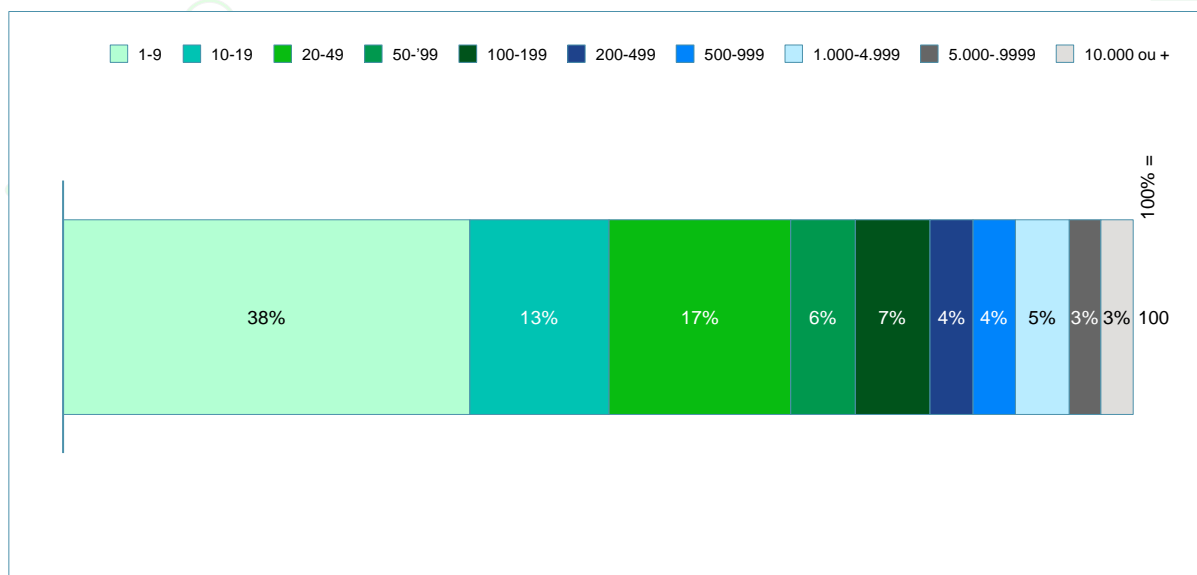
Os quadros 23 e 24 mostram o resultado da análise da capacidade tecnológica local no que diz respeito à vertical indústria⁸. O QUADRO 23 apresenta a distribuição dos atores que

⁸ Inclui atores que atuam ou pretendem atuar ainda em 2017 nos ambientes de indústria de base e fábrica. No total 185 atores atuam ou pretendem atuar ainda em 2017 no ambiente de fábricas e 151 no ambiente de indústria de base. Como 124 atores atuam em nos dois ambientes, o total de atores considerado na vertical indústria é igual a 212.

ofertam ou pretendem oferecer até o final de 2017 soluções em IoT no Brasil para a vertical indústria (inclui os ambientes de fábrica e indústria de base), segmentadas por porte. Observa-se que a maioria dos atores (68%) tem até 50 colaboradores⁹.

QUADRO 23

Atores que operam na vertical indústria¹: por porte



¹ Inclui os atores que ofertam ou pretendem ofertar até o final de 2017 soluções em IoT no Brasil para a vertical indústria (inclui os ambientes de fábrica e indústria de base)

FONTE: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

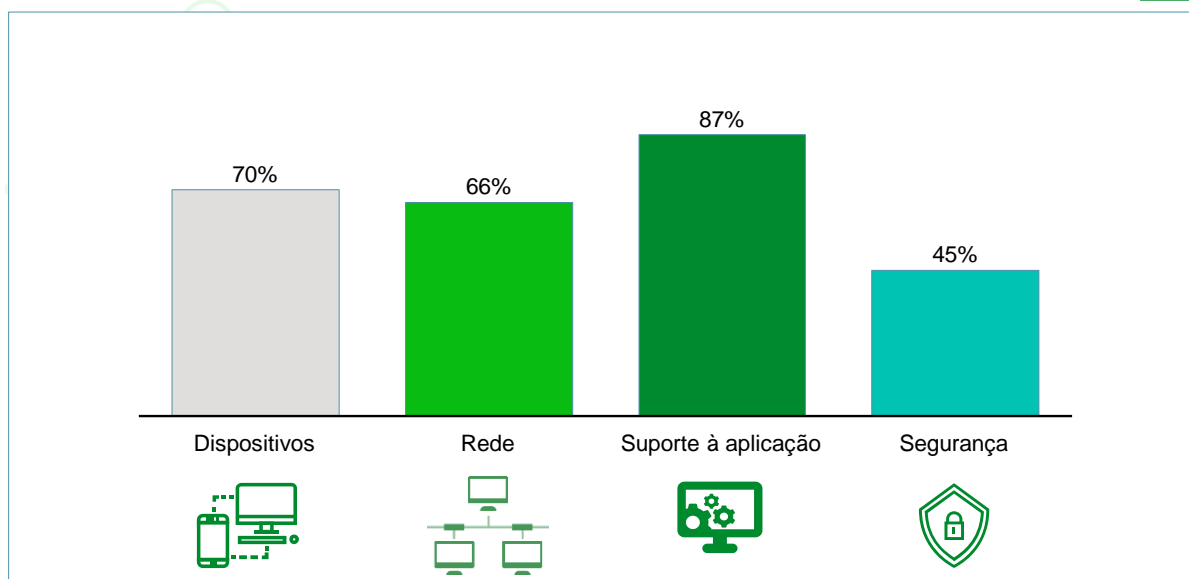
O QUADRO 24 mostra o percentual de atores que atuam¹⁰ na vertical indústria (inclui os ambientes de fábrica e indústria de base), por camada tecnológica. Nota-se que o maior percentual de atores atua na camada de suporte à aplicação. Como essa camada engloba tecnologias de desenvolvimento de *software*, é razoável admitir que se trata de uma área de atuação com menor barreira de entrada para as empresas e, portanto, com maior número de atores na vertical analisada.

⁹ Afirmam que atuam ou pretendem atuar na vertical 212 atores até o final de 2017.

¹⁰ Inclui os atores ofertam ou pretendem oferecer até o final de 2017 soluções em IoT no Brasil para a vertical indústria (inclui os ambientes de fábrica e indústria de base)

QUADRO 24

Atores que operam na vertical indústria¹: por camada



¹ Inclui os atores que ofertam ou pretendem ofertar até o final de 2017 soluções em IoT no Brasil para a vertical indústria (inclui os ambientes de fábrica e indústria de base)

FONTE: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

3.9 Plano de Ação em quatro camadas, tendo no topo a Visão de IoT

O Plano de Ação de IoT para o Brasil está organizado em quatro camadas, conforme mostrado no QUADRO 25. Essas camadas fornecem a estrutura e encadeamento lógico do plano, de forma que a visão leva aos objetivos estratégicos (longo prazo), aos objetivos específicos (médio e curto prazo) e às iniciativas. A passagem dos objetivos de longo prazo para os de médio e curto prazo é feita a partir das horizontais do estudo e das barreiras levantadas.

QUADRO 25

Plano em quatro diferentes camadas que respondem "O que" será feito e "Como"



FONTE: Discussões com o comitê gestor; análise do consórcio

3.9.1 A Visão de IoT como guia de ação

O QUADRO 26 sintetiza a aspiração para IoT da Frente Mobilizadora de Indústrias no Brasil, assim como os objetivos estratégicos a serem acompanhados. Esses elementos foram elaborados a partir de desafios, perspectivas de avanços tecnológicos e aplicações de IoT, bem como as discussões das sessões de trabalho e entrevistas com especialistas.

QUADRO 26





Indústria: aspiração e objetivos estratégicos

Aspiração

Incentivar a produção de **itens mais complexos** e **aumentar a produtividade** da indústria nacional a partir de **modelos de negócios inovadores** e da maior **cooperação** nas diversas cadeias produtivas



Objetivos estratégicos

 Recursos e processos	Aumentar a eficiência e a flexibilidade dos processos industriais, usando soluções de IoT para a gestão de operações
 Bens de capital	Promover o desenvolvimento de novos produtos e modelos de negócios que incorporem soluções de IoT
 Estoque e cadeia de fornecimento	Promover a integração e cooperação nas cadeias de fornecedores de bens, componentes, serviços e insumos.
 Inovação	Promover a adoção de soluções desenvolvidas localmente para desafios do ambiente

Exemplo ilustrativo de ação

IoT em PMEs

- Difusão de *kits*/ formação básica/ cartilha para uso de IoT em PMEs

FONTE: Fóruns de engajamento do estudo, discussões com BNDES/MCTIC e análise do consórcio

3.9.2 Barreiras específicas precisam ser endereçadas

Neste estudo, foram identificadas diversas barreiras que dificultam ou impedem a adoção de IoT na indústria, as quais estão resumidas no QUADRO 27. Além dessas barreiras, também foi intensamente discutida a existência de outros fatores que influenciam o desenvolvimento e adoção de IoT, como a situação econômica do país e o nível da demanda nos diversos setores.

QUADRO 27

Barreiras para desenvolver e adotar IoT em indústrias

Horizontais	Barreiras
Capital humano	<ul style="list-style-type: none">▪ Falta de conhecimento dos profissionais sobre novas tecnologias e como implementá-las em seu contexto▪ Falta de atratividade dos setores industriais entre os jovens▪ Desconexão entre os profissionais de tecnologias de informação (TI) e de tecnologias de automação (TA)
Inovação e inserção internacional	<ul style="list-style-type: none">▪ Poucos investimentos em programas focados no desenvolvimento de tecnologia▪ Dificuldade no acesso a recursos para empresas nascentes por falta de garantias▪ Falta de financiamento para adequação do chão de fábrica brasileiro ao mundo de IoT▪ Ecossistema pouco colaborativo▪ Desacoplamento entre o que é desenvolvido nas universidades e o que se demanda na indústria▪ Ecossistema ofertante de soluções altamente fragmentado▪ Falta de articulação entre diversos atores nacionais: governo, academia, associações e empresas▪ Desconexão entre as demandas da indústria e os diversos fornecedores de soluções de IoT▪ Visão de curto prazo e falta de entendimento das tecnologias por parte dos gestores
Infraestrutura de conectividade e interoperabilidade	<ul style="list-style-type: none">▪ Altos custos de conexão em lugares remotos▪ Atraso na implantação de redes mais velozes e robustas▪ Baixa confiabilidade dos serviços▪ Baixa segurança dos dados trafegados
Ambiente regulatório	<ul style="list-style-type: none">▪ Conflito de impostos considerando a mobilidade que IoT traz e a migração de produtos que se tornam serviços▪ Falta de normas relacionadas à privacidade no trabalho

FONTE: Sessão de trabalho com especialistas, entrevistas com especialistas, análise do consórcio




Como pode-se observar, a maior parte das barreiras é aplicável a diversos setores industriais, e alguns deles possuem transbordamentos claros para outros ambientes de aplicação.

3.9.3 Iniciativas mapeadas

Neste estudo, diversas iniciativas foram mapeadas ao redor das barreiras para facilitar o desenvolvimento da adoção de soluções de IoT para indústrias. No relatório Plano de Ação será apresentada a estrutura final dessas iniciativas, que serão organizadas em categorias, como mostrado no QUADRO 28.

QUADRO 28

Existem três categorias de iniciativas mapeadas ao longo do estudo

	Fórum de decisão	Impacto	Facilidade de implantação
Ações estruturantes 	<ul style="list-style-type: none">▪ Decisões tomadas por alto escalão de órgãos engajados no estudo	<ul style="list-style-type: none">▪ Alto e limitado a adoção e desenvolvimento de IoT	<ul style="list-style-type: none">▪ Desafiadora porém possível caso haja alinhamento dentro e fora dos órgãos
Medidas 	<ul style="list-style-type: none">▪ Decisões tomadas por níveis gerenciais de órgãos engajados no estudo	<ul style="list-style-type: none">▪ Médio e limitado a adoção e desenvolvimento de IoT	<ul style="list-style-type: none">▪ Média e muitas vezes já está em andamento
Elementos catalisadores 	<ul style="list-style-type: none">▪ Decisões tomadas por fóruns de altíssimo nível, como Presidência da República e Congresso Nacional	<ul style="list-style-type: none">▪ Muito alto e não se limita apenas a IoT	<ul style="list-style-type: none">▪ Muito desafiadora e, em geral, de resolução de longo prazo

FONTE: Fóruns de engajamento do estudo, discussões com BNDES/MCTIC e análise do consórcio

13

4 Anexo – Análise de soluções tecnológicas para as aplicações selecionadas

Os desafios nacionais no ambiente industrial podem ser endereçados pelo uso de tecnologias de IoT, cuja implantação pode permitir capturar o impacto esperado desse ambiente. Em especial, destacam-se neste ambiente as aplicações apresentadas no QUADRO 29.

QUADRO 29

Indústrias: aplicações detalhadas

	Descrição	Impacto estimado
Gestão de estoque	Rastreamento dos itens no depósito/estoque que utilizam dados de sensores em ambiente fabril.	
Manutenção preditiva em plataforma de extração de petróleo	Manutenção baseada em condições de acordo com os dados gerados por sensores no equipamento.	
Monitoramento de barragens	Monitoramento de barragens por meio de sensores que contribuem para a diminuição do risco de acidentes ambientais de proporções elevadas.	
Monitoramento de ativos de mineração	Monitoramento da localização e das condições de veículos aliados ao controle dos estoques de peças e partes.	
Engenharia de produtos baseada em dados de sensores	Engenharia de produtos baseada em dados e na utilização de sensores através de tecnologias de IoT permite aperfeiçoamento do projeto.	
Integração da planta produtiva	Uso de fluxo de dados coletados sobre máquinas e funcionários para redesenhar a fábrica, com o objetivo de alcançar maior eficiência dos processos produtivos.	

FONTE: Análise do consórcio

Nesta seção, serão analisadas as tecnologias com capacidade de atender os requisitos dessas aplicações com o objetivo de destacar aquelas com maior relevância para o desenvolvimento de IoT no país.

O levantamento das tecnologias foi realizado pelo desenho de possíveis soluções que talvez atendam a essas aplicações. Vale destacar que este exercício não é exaustivo, nem contempla todas as possibilidades de uso dessas tecnologias, uma vez que o número de combinações possível torna essa abordagem inviável.

De modo semelhante, não se pretende esgotar as possibilidades de utilização de IoT no ambiente apenas com as aplicações mencionadas aqui. Apesar de terem sido escolhidas

por causa do grande impacto no ambiente em análise¹¹, o total valor que a IoT pode trazer para o ambiente de indústrias é resultado de diversas outras aplicações não descritas.

No entanto, é razoável considerar que as tecnologias destacadas para atender esse conjunto de aplicações também são válidas para a solução de outras não descritas aqui, não somente na indústria como em outros segmentos. A título de exemplo, as tecnologias de *smart tags*, aplicáveis na gestão de estoques em fábricas, possuem aplicabilidade em outras situações nesse ambiente, como monitoramento de ativos de mineração, ou até em outros espaços, como localização de ativos em hospitais.

Portanto, a análise de tecnologias realizada nesta seção permite mapear aquelas que merecem atenção para o uso na IoT, e que, conseqüentemente, as empresas da cadeia de TIC no Brasil podem ter interesse em utilizar para o desenvolvimento de produtos IoT.

Os quadros 30 a 34 apresentam o agrupamento de tecnologias analisadas no desenho das soluções de IoT para essas aplicações com uma breve descrição.

QUADRO 30

Glossário: camada de dispositivos (1/2)

Tipos de tecnologia	Descrição
Armazenamento de energia	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologias como baterias e super capacitores capazes de armazenar energia em dispositivos que não dispõem de alimentação principal ou necessitam permanecer em atividade em situação de contenção na alimentação.
Atuadores	<ul style="list-style-type: none"> Elementos eletro/mecânicos com capacidade de atuação no mundo físico, tais como relês, válvulas, travas, entre outros. Não são considerados como elementos atuadores sinalizadores com o objetivo de informar as pessoas, como semáforos, alarmes sonoros e painéis de mensagem.
Energy harvesting	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologias capazes de converter em energia elétrica outras fontes de energia disponíveis no ambiente, como energia solar, eólica e vibração mecânica. Também envolve tecnologias de armazenamento de energia quando necessárias para manter a continuidade da alimentação em situações de variação da fonte de energia do ambiente.
Integração de componentes	<ul style="list-style-type: none"> Técnicas e tecnologias capazes de integrar diversos elementos, como processadores, memórias, sensores, modems, atuadores e baterias, a fim de tornar o objeto inteligente menor, reduzir custos e melhorar a eficiência energética. Destacam-se aqui as tecnologias para o desenvolvimento de SoC (<i>System on a Chip</i>) e encapsulamento mecânico avançado como SiP (<i>System in Package</i>)
Módulo de geolocalização	<ul style="list-style-type: none"> Elemento dotado de tecnologias capazes de definir de forma dinâmica a localização do objeto inteligente, por exemplo: GPS (<i>Global Positioning System</i>) e triangulação de sinais.
Sensores biológicos/químicos	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologias de sensoriamento capazes de identificar fenômenos biológicos e químicos como OTFT (<i>Organic Thin-Film Transistor</i>) e CNBS (<i>Carbon-Nanotube Based Sensors</i>).
Sensores eletro/magnéticos	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologias de sensoriamento capazes de identificar fenômenos elétricos e magnéticos como termopares e HES (<i>Hall Effect Sensor</i>).

FONTE: Análise do consórcio

¹¹ Também é considerado o impacto futuro que a aplicação trará ao ambiente. Nesse caso, as aplicações de desenho baseado no uso e integração da planta produtiva, que hoje possuem baixo impacto tendem a ser muito mais relevantes com o amadurecimento de IoT nesse ambiente.

QUADRO 31

Glossário: camada de dispositivos (2/2)

Tipos de tecnologia	Descrição
Sensores eletro/mecânicos	▪ Tecnologia de sensoriamento capaz de identificar fenômenos elétricos e mecânicos, como MEMS (<i>Microelectromechanical Systems</i>) e SAW (<i>Surface Acoustic Wave</i>).
Sensores ópticos/imagem	▪ Tecnologia de sensoriamento capaz de identificar fenômenos ópticos e imagens, como CMOS (<i>Complementary Metal-Oxide-Semiconductor</i>), CCD (<i>Charge Coupled Device</i>) e FBG (<i>Fiber Bragg Grating</i>).
Sistema embarcado compacto	▪ Sistema computacional composto de processamento, memória (volátil e não volátil) e interface de comunicação (sem fio ou cabeada) para a criação de objetos inteligentes, com considerável restrição de espaço físico.
Sistema embarcado de alto desempenho	▪ Sistema computacional composto de processamento, memória (volátil e não volátil) e interface de comunicação (sem fio ou cabeada) para a criação de objetos inteligentes, com necessidade de maior capacidade de processamento ou armazenamento de dados em comparação a objetos inteligentes simples.
Sistema embarcado de baixo consumo	▪ Sistema computacional composto de processamento, memória (volátil e não volátil) e interface de comunicação (sem fio ou cabeada) para a criação de objetos inteligentes, com considerável restrição de consumo energético.
Smart tag	▪ Tecnologias de identificação e localização de objetos, como RFID, Beacon BLE (<i>Bluetooth Low Energy</i>) e NFC (<i>Near Field Communication</i>).

FONTE: Análise do consórcio

QUADRO 32

Glossário: camada de conectividade

Tipos de tecnologia	Descrição
Redes mesh	Tecnologias de comunicação sem fio em que os nós possuem capacidade de encaminhamento de pacotes provenientes de outros nós que participam da mesma rede, por exemplo: IEEE 802.15.4 e Bluetooth 5.0.
Redes Low Power Wide Area	Tecnologias de longo alcance, baixo consumo energético e banda limitada, como LoRa, Weightless, Sigfox e RPMA (<i>Random Phase Multiple Access</i>).
Redes cabeadas	Tecnologias de longo e curto alcance transmitidas por meio confinado (cobre ou fibra), como Ethernet, GPON (<i>Gigabit Passive Optical Network</i>) e PLC (<i>Power Line Communication</i>).
Redes de celular	Tecnologias de comunicação sem fio padronizadas pelo GSMA e 3GPP, como EC-GPRS (<i>Extended Coverage GPRS</i>), LTE-M (<i>Long Term Evolution Machine type communication</i>) e NB-IoT (<i>Narrow Band IoT</i>).
Redes de curto alcance e alta banda	Tecnologias de comunicação sem fio com cobertura local (dezenas ou poucas centenas de metros) com capacidade de banda na ordem de Mbps até Gbps (por exemplo: WiFi).
Redes de curto alcance e baixa banda	Tecnologias de comunicação sem fio com cobertura local (dezenas ou poucas centenas de metros) com capacidade de banda na ordem de Kbps até Mbps (por exemplo: <i>Bluetooth Low Energy</i>).
Redes Ultra Wideband	Tecnologias de comunicação de baixo consumo energético que utilizam larga proporção do espectro (no ordem de centenas de MHz), e podem ser utilizadas para transmissão em altas taxas e também para localização precisa, em especial para ambientes <i>indoor</i> .

FONTE: Análise do consórcio

QUADRO 33

Glossário: camada de suporte à aplicação

Tipos de tecnologia	Descrição
Advanced Analytics	Tecnologias para o processamento de dados que aplicam tecnologias de computação cognitiva (<i>machine learning</i>) capazes de utilizar o grande volume de dados para o próprio treinamento e assim progressivamente aprimorar os resultados de reconhecimento de padrões complexos.
Analytics	Tecnologias aplicadas para a descoberta, interpretação e comunicação de padrões de dados.
Banco de dados não relacional	Termo que classifica tecnologias de bancos de dados que seguem o modelo relacional, sendo os dados estruturados e acessados em forma de tabelas que se associam entre si por meio de regras de relacionamentos.
Banco de dados relacional	Termo que classifica tecnologias de bancos de dados que, não seguindo o modelo relacional, buscam escalabilidade e desempenho para tratar grandes volumes de dados.
Computação de alto desempenho	Tecnologias que possibilitam o processamento de dados em alto volume e curto período de tempo. Para tal, são utilizadas técnicas de processamento distribuído, como <i>clusters</i> , em conjunto com <i>hardware</i> especializado, como GPU (<i>Graphics Processing Unit</i>) e FPGA (<i>Field-Programmable Gate Array</i>).
Edge computing	Tecnologias para o processamento e armazenamento dos dados realizados de forma geograficamente mais próxima aos dispositivos que os geraram. Geralmente usadas em cenários em que as aplicações IoT demandam baixo atraso, não podem depender de instabilidades de rede ou o custo do transporte dos dados é demasiadamente alto.
Geoanalytics	Tecnologias para a análise de dados associados à localização de forma a gerar análises e relatórios orientados a coordenadas e mapas.
Middleware IoT em nuvem	Camada de <i>software</i> executada em ambiente computacional em nuvem que conecta/integra os dispositivos IoT, abstraindo sua heterogeneidade e complexidade de maneira a simplificar e acelerar o desenvolvimento e a implantação de soluções de IoT.
Middleware IoT on premises	Camada de <i>software</i> executada em ambiente computacional local que conecta/integra os dispositivos IoT, abstraindo sua heterogeneidade e complexidade de forma a simplificar e acelerar o desenvolvimento e a implantação de soluções de IoT.
Visão computacional	Tecnologias aplicadas para o reconhecimento de padrões em imagens digitalizadas (figuras ou vídeos) de modo a extrair informações úteis delas. Destacam-se para esse fim técnicas como <i>deep learning</i> e OCR (<i>Optical Character Recognition</i>).

FONTE: Análise do consórcio

QUADRO 34

Glossário: camada de segurança da informação

Tipos de tecnologia	Descrição
Criptografia embarcada	Técnicas para a realização da criptografia de dados executadas em ambientes que, em geral, apresentam restrições de processamento, memória e comunicação.
Anti jamming	Tecnologias e técnicas aplicadas para mitigar o risco da falta de comunicação frente a ataques que utilizam sinais de interferência que visam inviabilizar a transmissão de dados por interface aérea.
Anti tampering	Tecnologias e técnicas para proteção da violação física de forma a gerar alarmes ou mesmo inutilizar o objeto inteligente viciado, por exemplo, apagando a memória.
Assinatura digital	Técnicas e métodos de autenticação de informação digital que visam garantir a identidade de pessoas ou objetos.
Blockchain	Tecnologia que visa à descentralização como medida de segurança através da criação de um índice global para todas as transações que ocorrem em um determinado escopo.
Controle de acesso ao dispositivo	Tecnologias e técnicas que visam impedir que acesso remotos não autorizados sejam realizados em objetos conectados.
Falha segura	Técnicas e métodos que visam garantir que perante uma situação de falha o objeto realizará funções pré-configuradas de forma a manter o serviço prestado em um nível minimamente aceitável.
Firmware seguro	Tecnologias e técnicas que visam garantir a segurança do <i>software</i> embarcado em um objeto inteligente. Impedem que códigos adulterados entrem em execução ou que o código em um objeto seja copiado, bem como a utilização remota para a correção de falhas identificadas.
Ingresso seguro à rede de acesso	Tecnologias e métodos para impedir que objetos não autorizados ingressem em uma rede de comunicação.
Prevenção contra negação de serviço	Tecnologias que visam combater ataques que objetivam impedir a prestação do serviço de aplicações ou objetos inteligentes. Também envolvem impedir que objetos inteligentes se tornem atacantes de outros serviços.

FONTE: Análise do consórcio

4.1 Gestão de estoque

O rastreamento dos itens no depósito/estoque que utilizam dados de sensores em ambiente fabril facilita a localização de insumos, produtos e ferramental, aumentando a eficiência dos processos, destacando-se os seguintes benefícios:

- Diminuição dos ativos imobilizados em estoque.
- Melhor uso de insumos.
- Prevenção de roubos e fraudes.

4.2 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para gestão de estoque são:

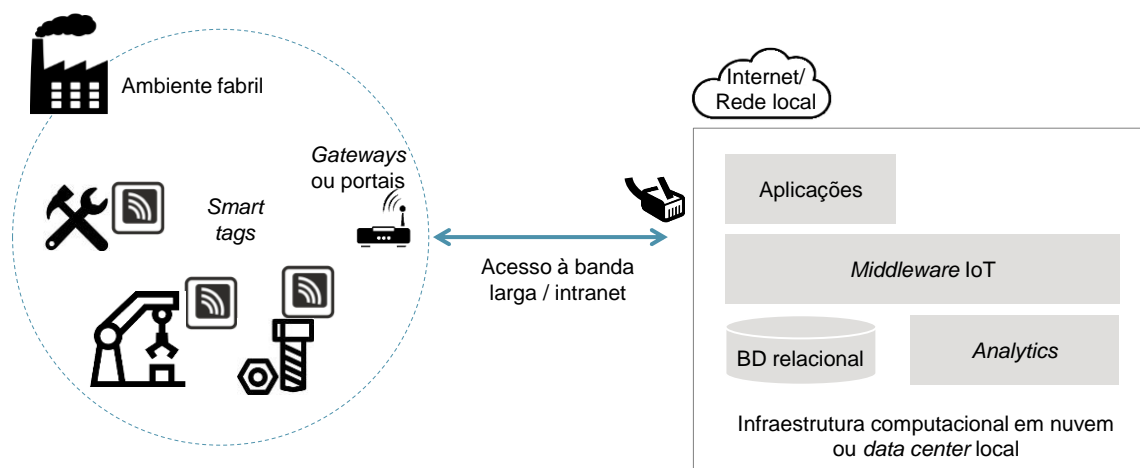
- O ambiente da aplicação é controlado fisicamente (interior da fábrica).
- A aplicação deve ser altamente escalável – centenas de milhar.
- A solução deve ser capaz de identificar padrões baseados em volume de dados.
- A aplicação deve ter capacidade de aprendizagem cognitiva.
- A solução deve estar integrada aos sistemas de operação do ambiente fabril.
- A segurança da informação não é crítica, já que as *smart tags* mantêm as informações apenas em âmbito local.

O QUADRO 35 apresenta a visão sistêmica da solução para gestão de estoque.

QUADRO 35

Gestão de estoque

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

A gestão de estoques com grande quantidade de itens pode drenar muitos recursos. Com o crescimento da complexidade do ambiente industrial, o número de itens estocados tem aumentado cada vez mais, de forma que se não executado apropriadamente pode consumir muitos recursos. Um estoque maior do que o necessário imobiliza capital da empresa e, quando não é bem gerido, pode diminuir a produtividade das fábricas.

O uso de tecnologias de IoT permite uma gestão mais eficiente de estoque, por meio do emprego de sensores de baixo custo que permitem um nível de granularidade maior para a gestão dos níveis de estoque, possibilitando até mesmo identificar quando algum item é extraviado ou está fora das condições ideais de armazenamento, emitindo alertas para a equipe do depósito, que pode então rastrear o item.

A solução consiste no monitoramento, em tempo real, de ativos que podem ser de natureza heterogênea, variando desde itens de baixo valor até insumos de alto valor. A captura de informações de localização desses ativos se dá por meio de diferentes tipos de *smart tags*, dependendo da natureza do ativo a ser monitorado e da precisão requerida para a sua localização.

Usualmente, as localizações desses ativos são obtidas por meio de leitores espalhados na área da fábrica, posicionados de acordo com o processo produtivo fabril. Os dados são então enviados para uma aplicação em nuvem ou em *data center* privado, por meio de acesso à banda larga ou rede local. Essa plataforma agrega informações e extrai significado dos dados, para então serem analisados por meio das aplicações que são disponibilizadas aos *stakeholders* relevantes. A seguir são descritas as particularidades de cada camada da solução.

4.2.1 Dispositivo

Essa aplicação admite várias soluções baseadas em *smart tags*, que podem ser empregadas isoladamente ou em conjunto, dependendo da natureza dos objetos a serem rastreados. Itens de menor valor, que não requeiram precisão em sua localização, por exemplo, podem utilizar *tags* de RFID (*Radio-Frequency IDentification*) passivas, tecnologia já madura, de baixo custo, e operacionalmente fácil de ser mantida, já que não exige substituição de baterias ao longo da vida útil do ativo monitorado. Por meio de leitores de RFID conectados nos pontos relevantes do ambiente fabril ocorre o envio da informação para a aplicação da última localização registrada.

Já itens de maior valor, ou que requeiram precisão na sua localização, podem se valer de *beacons* (ex.: *Bluetooth Low Energy*) ou RFID ativo, que se apresentam como solução de maior desempenho, permitindo a localização instantânea, e não da última posição registrada. Todavia, soluções ativas trazem consigo a necessidade do uso de baterias e, eventualmente, a necessidade de sua reposição em razão do tempo de vida útil do ativo

monitorado. Para a leitura da posição desse tipo de *tag*, uma infraestrutura de *gateways* capazes de receber as mensagens dos dispositivos deve ser instalada no ambiente monitorado. Um mesmo equipamento poderia agregar tanto a funcionalidade de leitor RFID quanto de *gateway*, reduzindo a complexidade de implantação, bem como custos operacionais.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Armazenamento de energia.
- *Smart tag*.

4.2.2 Conectividade

No caso de o *gateway* concentrar os dados dos *beacons* para posterior envio à rede local ou diretamente para a nuvem, esse elemento deve fornecer funcionalidades de conectividade e segurança locais, interligar-se na rede LAN (*Local Area Network*). Como está instalado nas dependências da fábrica, possui alimentação por fonte principal. O envio das informações recebidas dos sensores se dá por meio de estabelecimento de sessão segura com o serviço no *data center* na nuvem. Para situações em que a precisão da localização é importante (ex.: microlocalização de ferramentas) podem ser aplicadas *smart tags* dotadas de tecnologias de *Ultra WideBand* (UWB), que é uma tecnologia auxiliar à de *smart tags* que se valem de redes de curto alcance e baixa banda.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- Redes de curto alcance e baixa banda.
- Redes *Ultra Wideband*.

4.2.3 Suporte à aplicação

O desenvolvimento da aplicação ocorre por meio de *middleware* IoT em nuvem ou em *data center* local (especialmente quando é requerida alta confiabilidade), que recebe os dados concentrados pelos *gateways*/leitores. Este poderá ser utilizado para questões de interoperabilidade de padrões distintos, através de conectores de *software* que fazem a tradução de diversos protocolos, armazenando a informações de maneira uniforme. Outra função importante do *middleware* é o gerenciamento dos *gateways*/leitores e das *smart tags* mais sofisticadas, verificando, por exemplo, a necessidade de troca de bateria.

Além disso, o *middleware* possibilita o armazenamento de série histórica, de modo a permitir o desenvolvimento de aplicações avançadas por meio de técnicas de *analytics*. Por se tratar de solução que não depende de *big data* e complexos algoritmos de *analytics*, pode-se empregar soluções de armazenamento de dados relacional.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de suporte à aplicação tecnologias de:

- Banco de dados relacional.
- *Analytics*.
- *Middleware* IoT em nuvem.
- *Middleware* IoT *on premises*.

4.3 Manutenção preditiva em plataforma de extração de petróleo

A manutenção baseada em dados de sensores para o equipamento contribui para o aumento da eficiência operacional da plataforma de extração de petróleo, destacando-se os seguintes benefícios:

- Diminuição do tempo de inatividade das máquinas.
- Redução dos custos de manutenção.

4.3.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para manutenção preditiva são:

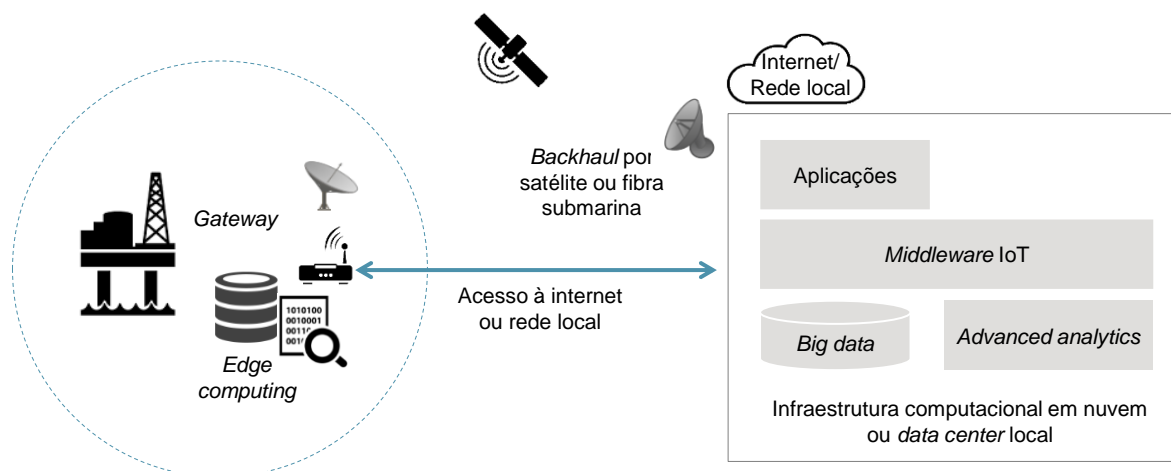
- O ambiente da aplicação é controlado fisicamente (plataforma *offshore*).
- Capacidade de compartilhar dados com provedores de serviços confiáveis para análises adicionais.
- A solução deve estar integrada aos sistemas de operação da plataforma.
- Geração de dados pelos sensores resulta em taxas na ordem de grandeza de kilobytes por segundo.
- Segurança da informação de criticidade moderada.

O QUADRO 36 apresenta a visão sistêmica da solução para manutenção preditiva.

QUADRO 36

Manutenção preditiva em plataforma de extração de petróleo

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

Os custos com manutenção e parada de máquinas são críticos em plataformas de exploração de petróleo, representando um percentual significativo das despesas operacionais das plataformas *offshore*. Além dos gastos diretos, o tempo de inatividade da plataforma devido à manutenção também representa uma perda relevante para as empresas.

O uso de manutenção preditiva pode trazer ganhos financeiros bastante expressivos. Através da implantação de um sistema de manutenção preditiva, é possível reduzir OPEX e CAPEX, além de aumentar a receita graças ao maior tempo dedicado à produção.

A solução consiste no monitoramento, em tempo real, de ativos críticos, de alto valor para a operação. A captura de informações se dá por meio de diferentes tipos de sensores que monitoram continuamente diversas variáveis relevantes à operação.

Os dados são então enviados para uma plataforma computacional em nuvem, por meio de acesso à banda larga disponível, que, utilizando algoritmos preditivos e de inteligência artificial, emite alerta sobre o melhor tempo de parada para a realização de manutenção do ativo monitorado. A seguir são descritas as particularidades de cada camada da solução.

4.3.2 Dispositivo

Essa aplicação requer a utilização combinada da informação de diversos sensores. Atualmente, diversos dispositivos já são utilizados no *top drive*¹², como sensores de peso, pressão, fluxos de fluidos (do óleo lubrificante e da lama), temperatura, vibração, aceleração, velocidade, presença e anticolisão.

Dessa forma é possível encontrar sensores de diferentes princípios para essa aplicação, como piezoelétricos, químicos, eletromagnéticos, efeito Hall, fotocondutores bem como baseados em semicondutores. A maior parte dos sensores vem acoplada aos componentes do *top drive* ou inserida por seu fabricante.

O sensoriamento dos componentes que compõem o *top drive* ou estão diretamente relacionados a ele, como válvula IBOP (*Insider Blowout Preventer*), tubos de lavagem, articulações e sistema elétrico, em geral está presente e relacionado ao Sistema de Gerenciamento de Segurança Operacional (SGSO) da ANP (Agência Nacional do Petróleo).

Por se tratar de operação de missão crítica, os dispositivos devem prever mecanismos de falha segura para impedir que eventuais avarias neles levem a comportamentos anômalos que comprometam toda a operação.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Sensores biológicos/químicos.
- Sensores eletro/magnéticos.
- Sensores eletro/mecânicos.
- Sensores ópticos/imagem.
- Falha segura.

4.3.3 Conectividade

Na camada de rede podem coexistir diversas tecnologias de conectividade, incluindo soluções para conectividade de curto alcance, no ambiente da plataforma, e conectividade da plataforma com a infraestrutura computacional em nuvem.

Por se tratar de grande quantidade de dados gerados ao longo da operação as informações dos sensores são encaminhadas pela rede cabeada ou local de alta banda a um *gateway*, que concentra os dados para posterior envio à rede local ou diretamente para a nuvem, devendo esse elemento fornecer funcionalidades de conectividade e segurança locais, interligar-se na rede LAN para envio dos dados coletados, necessitando de alta largura de

¹² Dispositivo eletro/mecânico da plataforma que realiza a perfuração.

banda. O envio das informações recebidas dos sensores se dá pelo estabelecimento de sessão segura com o serviço no *data center* local ou na nuvem.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- Redes cabeadas.
- Redes de curto alcance e alta banda.

4.3.4 Suporte à aplicação

Em ambiente computacional em nuvem pública ou em *data center* local, os dados são recebidos pela mediação de *middleware* IoT, que mantém o registro dos dispositivos e é responsável pelo seu gerenciamento.

Além do grande volume de dados enviados pelos diversos dispositivos, a necessidade de armazenamento é alta, uma vez que os modelos preditivos, baseados em algoritmos de aprendizado de máquina (*advanced analytics*), visam determinar o melhor tempo de parada para manutenção do ativo em um intervalo de horas ou até mesmo de dias.

Tais modelos se baseiam na análise dos padrões anteriores, considerando as situações que resultaram ou não em quebra do ativo. Dessa forma, torna-se necessário o emprego de banco de dados não estruturado. Não há necessidade de processamento em tempo real, podendo ser tratado ao longo do tempo, em uma abordagem de *batch processing*.

As arquiteturas baseadas em *edge computing* podem ser necessárias para garantir a operação da solução em casos de indisponibilidade da conectividade, executando parte dos algoritmos de decisão localmente, e para a geração de alarmes críticos que não podem estar sujeitos a atrasos.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de suporte à aplicação tecnologias de:

- *Advanced analytics*.
- Banco de dados não relacional.
- *Edge computing*.
- *Middleware* IoT em nuvem.
- *Middleware* IoT on premises.

4.4 Monitoramento de barragens

O monitoramento de barragens por meio de sensores contribui para a diminuição do risco de incidentes ambientais de proporções elevadas, destacando-se os seguintes benefícios:

- Diminuição do impacto ambiental em caso de acidente.
- Mitigação do risco de perda de vidas em função de acidentes.
- Redução das perdas associadas com ativos físicos como moradias e equipamentos.

4.4.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para monitoramento de barragens são:

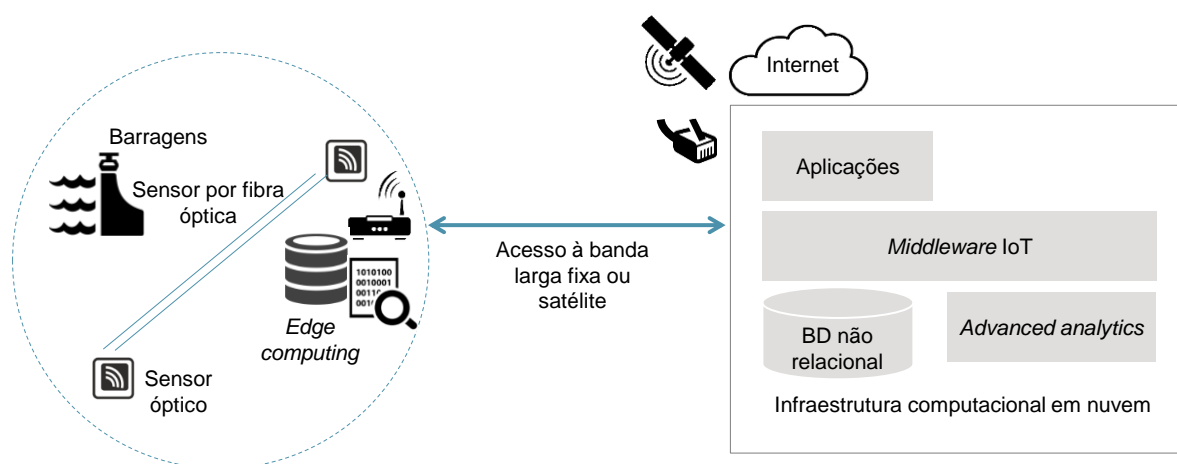
- O ambiente da aplicação é limitado a barragens.
- A solução deve ser capaz de identificar padrões baseados em volume de dados.
- As mensagens dos sensores são enviadas com periodicidade de minutos e consomem poucos *bytes*.
- A solução deve estar integrada aos sistemas de respostas e ações.
- Baixa criticidade da segurança da informação.

Os QUADRO 37 e QUADRO 38 apresentam a visão sistêmica da solução para monitoramento de barragens.

QUADRO 37

Monitoramento de barragens: solução I

Visão sistêmica da solução

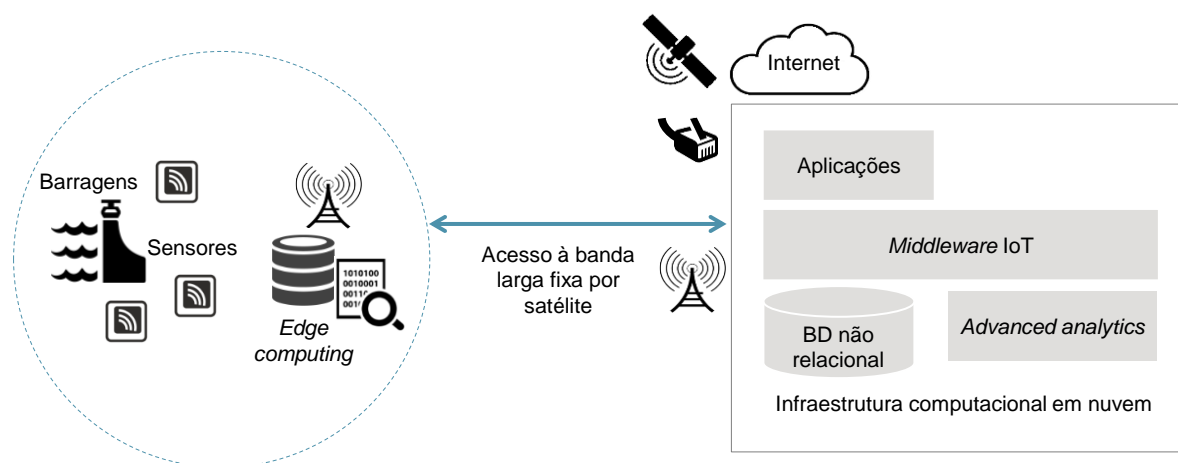


FONTE: Análise do consórcio

QUADRO 38

Monitoramento de barragens: solução II

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

O monitoramento de barragens vem se destacando nos últimos anos, em razão da sensibilidade crescente sobre questões ambientais. Atualmente já existem diversos sistemas de monitoramento de barragens, porém o tempo para coletar e analisar dados relativos ao risco das barragens ainda é elevado. O uso de IoT pode acelerar a análise de riscos e disponibilizar informações de forma mais abrangente.

A solução consiste no monitoramento, em tempo real, das condições das barragens. A captura de informações ocorre por meio de diferentes tipos de sensores que monitoram diversas variáveis, como nível e eventuais infiltrações. Essas informações possibilitam criar indicadores de risco para permitir a tomada de decisão rápida e segura.

Os dados são enviados para uma plataforma computacional em nuvem, por meio de acesso à banda larga disponível, que, por meio da utilização de algoritmos preditivos de inteligência artificial, emite alerta sobre risco iminente de falha e até mesmo necessidade de evacuação da região. A seguir são descritas as particularidades de cada camada da solução.

4.4.2 Dispositivo

Essa aplicação requer a utilização combinada da informação de diversos sensores. Em geral, o monitoramento de barragens é realizado medindo o deslocamento ou deformação de juntas, dilatação de fissuras e trincas, recalque de estruturas, nível de água, pressão de água e vazão da infiltração (quando presente). Para a realização do monitoramento diversos tipos de sensores e técnicas podem ser utilizados, com destaque para tecnologia óptica e sensores piezoelétricos.

O sensoriamento de vibração, movimento e dilatação da infraestrutura da barragem pode ser realizado por meio de duas soluções de monitoramento:

- Sensores ópticos por meio da refração da luz em fibras ópticas instaladas junto da barragem.
- Sensores piezoelétricos, eletrostáticos e/ou eletromagnéticos. Para esta solução, há a necessidade do emprego de tecnologias de armazenamento de energia aliadas a sistema embarcado de baixo consumo ou *energy harvesting* devido aos dispositivos serem alocados em locais de difícil manutenção e substituição de fonte de energia.

Considerando as características do mercado local, a previsão de volume no mercado brasileiro pode atingir dezenas de milhares de sensores, uma vez que o Brasil conta com quase 15 mil barragens, sendo aproximadamente 660 barragens de rejeitos.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- *Energy harvesting*.
- Sensores eletro/mecânicos.
- Sensores ópticos/imagem.
- Sistema embarcado de baixo consumo.

4.4.3 Conectividade

As informações dos sensores são enviadas por rede cabeada, quando o sensoriamento se dá por meio de solução em fibra óptica, ou por uma rede sem fio de área ampla tipo *Low Power Wide Area* (LPWA), quando as informações são coletadas por meio de sensores eletromecânicos. A extensa área de cobertura demanda soluções de conectividade de área ampla, com poucas estações rádio base, para que seja possível levar infraestrutura de energia e *backhaul* para envio dos dados coletados, sendo a interface aérea de LPWA de baixo *throughput* suficiente.

As informações são enviadas a um *gateway* que concentra os dados para posterior envio à rede local ou à nuvem, que fornece funcionalidades de conectividade e segurança. O encaminhamento das informações recebidas dos sensores se dá por meio de estabelecimento de sessão segura com a aplicação em nuvem.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- Redes *Low Power Wide Area*.
- Redes cabeadas.

Suporte à aplicação

Em ambiente computacional em nuvem pública os dados são recebidos pela mediação de um *middleware* IoT, que mantém o registro dos dispositivos e é responsável pelo seu gerenciamento.

A necessidade de armazenamento é alta uma vez que os modelos preditivos, baseados em algoritmos de aprendizado de máquina (*advanced analytics*), visam determinar de maneira assertiva o risco relacionado à operação da barragem, com o objetivo de gerar alarmes em tempo real, caso seja necessário. Dessa forma, é imprescindível o emprego de banco de dados não estruturado.

Uma vez que há necessidade de disponibilidade da aplicação, arquiteturas baseadas em *edge computing* podem ser utilizadas para garantir operação da solução em casos de indisponibilidade da conectividade, em especial para a geração de alarmes em situação de emergência.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de suporte à aplicação tecnologias de:

- *Advanced analytics*.
- Banco de dados não relacional.
- *Edge computing*.
- *Middleware* IoT em nuvem.

4.5 Monitoramento de ativos de mineração

O monitoramento da localização e das condições de veículos aliados ao controle dos estoques de peças e partes, muitas vezes distribuídos pela área de mineração, é uma grande oportunidade de otimização da operação de mineração a partir do uso de IoT.

4.5.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para gestão de estoque são:

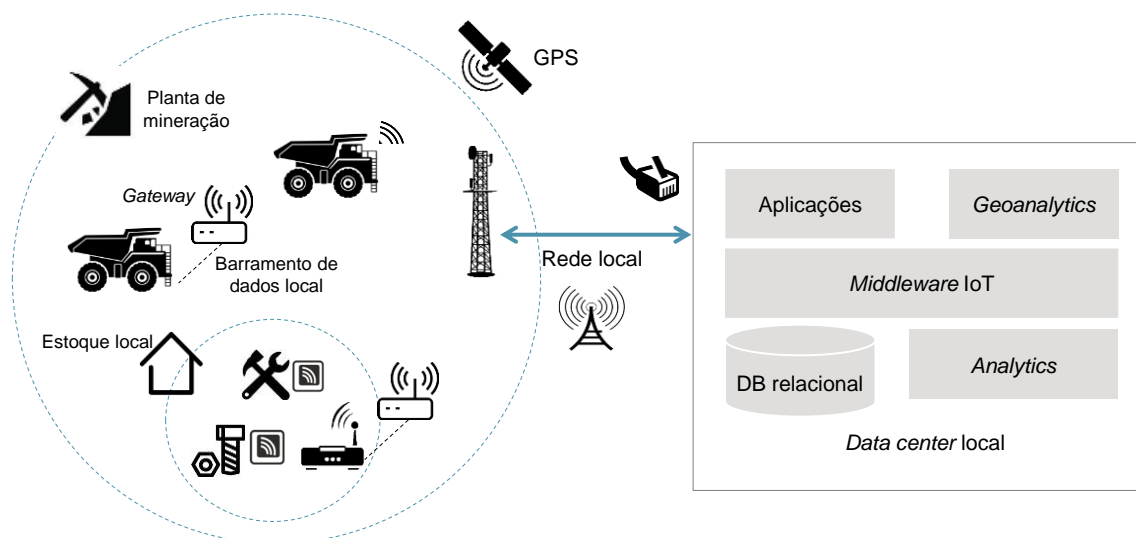
- O ambiente da aplicação é limitado à planta de mineração.
- Uma estação rádio base deve ter raio de cobertura superior a 10 km.
- Estações rádio base e leitores de *smart tags* contam com alimentação principal.
- A transmissão de dados dos veículos e maquinário pode chegar a picos de kbps.
- Baixa criticidade da segurança da informação.

O QUADRO 39 apresenta a visão sistêmica da solução para gestão de estoque.

QUADRO 39

Monitoramento de ativos de mineração

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

A solução consiste no monitoramento, em tempo real, das condições de uso da frota da mineradora e da localização de peças e partes distribuídas em estoques locais. Um *gateway* instalado nos veículos monitora a localização e condições de uso nas operações, como o nível de combustível, temperatura no motor, e outras variáveis, sendo automaticamente alertados quando seus tanques chegam a baixos níveis de combustível, otimizando o número de paradas e melhorando o planejamento de viagens, e contribuindo para um aumento na produtividade da frota.

Um *gateway* similar também é utilizado para prover serviço de *backhaul* para leitores de *smart tags* instaladas em peças e partes armazenadas em estoques locais, de forma que ocorra a rápida identificação dos ativos necessários e dos pedidos de reposição.

As informações são capturadas por redes sem fio e enviadas para uma aplicação que agrega as informações e gera relatórios para tomada de decisão. A seguir são mostradas as particularidades de cada camada da solução.

4.5.2 Dispositivo

Essa aplicação depende, em maior medida, dos dados gerados por sensores acoplados aos veículos, por isso o *gateway* possui barramento para a leitura desses dados gerados pelos sensores embarcados nos equipamentos¹³. Contudo, dependendo da necessidade, sensores adicionais podem ser inseridos aos *gateways*, por exemplo, sensores de peso, pressão, fluxos de fluidos, temperatura, vibração, aceleração e velocidade. Nesses casos, em geral utiliza-se tecnologia MEMS (*Microelectromechanical Systems*). Igualmente, um módulo de GPS é adicionado para determinar a dinâmica da localização do maquinário.

Os estoques locais também são conectados por *gateway*, de forma que os dados coletados pelos leitores de *smart tags* (ex.: RFID) possam ser enviados para a aplicação.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Módulo de geolocalização.
- Sensores eletro/mecânicos.
- *Smart tag*.

4.5.3 Conectividade

Para obter as informações dos *gateways*, é necessário utilizar uma solução de área ampla, que necessite de poucas estações rádio base, com capacidade para suportar picos de demanda. A interface aérea de celular IoT (por exemplo, LTE CAT-M) é adequada para a aplicação por suportar picos de banda de algumas centenas de Kbps.

O *gateway* também provê conectividade para os leitores que utilizam tecnologia sem fio de curto alcance e baixa banda para a leitura de *smart tags* instaladas em peças e partes necessárias para a operação.

O *backhaul* dessa rede se dá por rede cabeada (ex.: ethernet, GPON, ADSL) para envio dos dados coletados para a aplicação localizada no *data center*.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- Redes celular.
- Redes de curto alcance e baixa banda.

¹³ É importante destacar que o fabricante do equipamento deve disponibilizar a documentação para o acesso desses dados via barramento.

4.5.4 Suporte à aplicação

O desenvolvimento da aplicação acontece por meio de *middleware IoT on premises* em virtude da localização muitas vezes em regiões onde não há disponibilidade de infraestrutura de conectividade. Este poderá ser utilizado para questões de interoperabilidade de padrões distintos, através de conectores de software que traduzem diversos protocolos, armazenando a informações de modo uniforme.

As informações são armazenadas em banco de dados relacional e processadas por algoritmos de *analytics* que identificam pontos críticos da operação, como os ativos que sofrem maiores incidências de desabastecimento. Já técnicas de *geoanalytics* apresentam relatórios de rotas dos veículos e possíveis melhorias para otimizar a produção.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de suporte à aplicação tecnologias de:

- Banco de dados relacional.
- *Analytics*.
- *Geoanalytics*.
- *Middleware IoT on premises*.

4.6 Engenharia de produtos baseada em dados de sensores

A engenharia de produtos baseada em dados aplica tecnologias de IoT para permitir o aperfeiçoamento do projeto dos produtos. Nesse aspecto, poucos equipamentos e maquinários de uma planta produtiva são monitorados, e muitas vezes há pouca informação disponível sobre a forma como são utilizados, se todas suas funcionalidades são empregadas e se faltam algumas que podem agregar valor à operação. Dessa forma, essa aplicação melhora a próxima geração de equipamentos de manufatura, contribuindo para o aumento da qualidade dos produtos.

4.6.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para engenharia de produtos baseada em dados de sensores são:

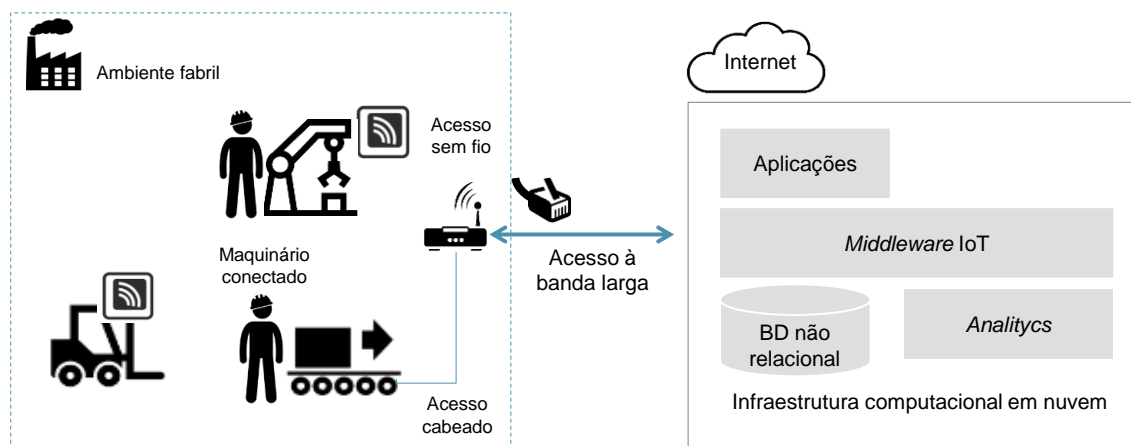
- O ambiente é controlado fisicamente (interior de uma fábrica);
- Escalável – capaz de tratar dos dados gerados por milhares de equipamentos;
- Banda requerida para o envio de informações de uso na ordem de grandeza de kilobytes por segundo;
- Alta criticidade da segurança da informação.

O QUADRO 40 apresenta a visão sistêmica da solução para engenharia de produtos baseada em dados de sensores.

QUADRO 40

Engenharia de produtos baseada em dados de sensores

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

A solução consiste no monitoramento do uso do ativo através das informações de *log* da interface homem máquina (IHM). Os dados são enviados para uma aplicação em nuvem, por meio de acesso à banda larga disponível na planta produtiva. A aplicação gera relatórios para que a equipe de *design* possa aperfeiçoar seus projetos. A seguir são mostradas as particularidades de cada camada da solução.

4.6.2 Dispositivo

Essa aplicação admite várias soluções baseadas em sensores e atuadores integrados aos equipamentos da fábrica. Entretanto, os dados necessários para a aplicação serão gerados pelos *logs* das máquinas referentes ao uso dos equipamentos pelos usuários (gerados a partir do acesso à IHM).

A conectividade com o equipamento possibilita a atualização remota de *firmware* para permitir a implementação de parte das novas funcionalidades concebidas a partir da análise do uso. Esse acesso ao equipamento abre espaço para uma série de ataques que ameaçam a segurança da informação. Além disso, muitas vezes informações relativas aos usuários da máquina são utilizadas para enriquecer o processo de redesenho. Dessa forma, é importante garantir tanto a identificação do usuário quanto a privacidade dos

dados, por meio da implementação de tecnologias de segurança, como as relacionadas a seguir:

- Criptografia embarcada.
- Assinatura digital.
- Controle de acesso ao dispositivo.
- Falha segura.
- *Firmware* seguro.
- Prevenção contra negação de serviço.

4.6.3 Conectividade

As informações da utilização dos equipamentos são coletadas a partir de acesso cabeado (p.ex., ethernet) ou conectividade sem fio de alta banda (ex.: WiFi) disponíveis na planta fabril. Esses dados em geral são enviados para a aplicação do fabricante dos equipamentos para que se torne necessário ter acesso à banda larga no local. O encaminhamento das informações recebidas dos equipamentos se dá por meio de estabelecimento de sessão segura com a aplicação em nuvem.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- Redes cabeadas.
- Redes de curto alcance e alta banda.

4.6.4 Suporte à aplicação

Em ambiente computacional em nuvem pública os dados são recebidos pela mediação de um *middleware* IoT, que também mantém o registro dos dispositivos e é responsável pelo seu gerenciamento.

Os dados dos *logs* dos dispositivos são armazenados no banco de dados relacional e o emprego de algoritmos de *analytics* permite gerar relatórios das operações, indicando oportunidades de melhoria no desenho dos produtos.

Apesar da demanda por poder computacional ser grande, os dados não precisam ser processados em tempo real, podendo ser tratados ao longo do tempo, em uma abordagem de *batch processing*. Assim, para essa aplicação, destacam-se para a camada de suporte à aplicação tecnologias de:

- Banco de dados relacional.
- *Analytics*.
- *Middleware* IoT em nuvem.

4.7 Integração da planta produtiva

A aplicação de integração da planta produtiva compreende o uso de fluxo de dados coletados sobre máquinas e funcionários para redesenhar a fábrica, com o objetivo de alcançar maior eficiência dos processos produtivos.

4.7.1 Descrição da solução

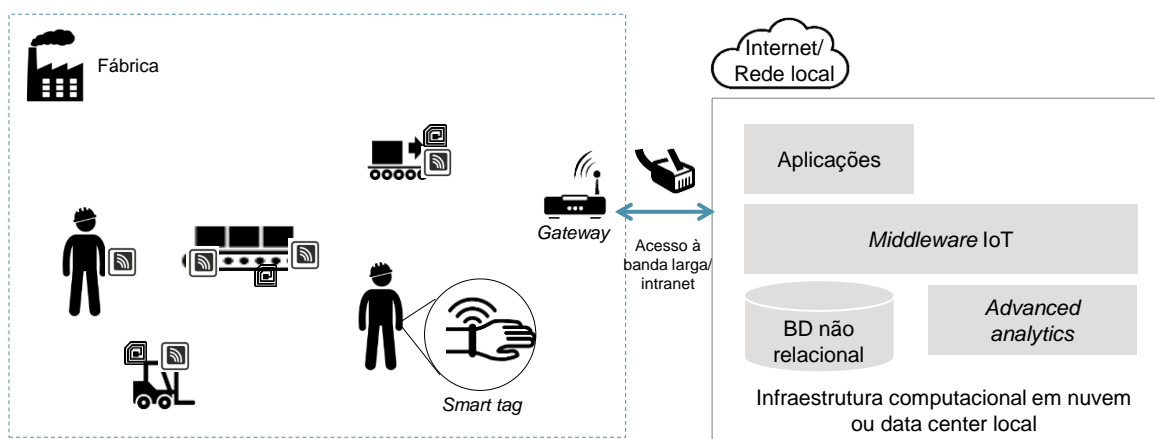
Os principais requisitos não funcionais da solução para integração da planta produtiva são:

- O ambiente é controlado fisicamente (interior de uma fábrica).
- Capacidade de identificar padrões baseados em volume de dados.
- Altamente escalável – milhares de funcionários monitorados.
- Integração de sistemas em operação.
- Criticidade da segurança da informação moderada.

O QUADRO 41 apresenta a visão sistêmica da solução para integração da planta produtiva.

QUADRO 41

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

Com o intuito de realizar de maneira completa a gestão da produção, após a concentração de dados coletados nas mais diversas aplicações da IoT no ambiente fabril, também é necessário o monitoramento da força de trabalho, sendo este uma fonte de dados de grande importância para o redesenho de processos que visa ao aumento da

produtividade. Assim, a aplicação consiste na captura e envio de dados dos trabalhadores por meio do emprego de *wearables*, para posterior realização de análises avançadas.

Essas informações são enviadas para a aplicação que as agrega com o objetivo de extrair *insights* para otimizar os processos produtivos fabris frente a análise conjunta com os dados gerados por outros sistemas. A seguir são descritas as particularidades de cada camada da solução.

4.7.2 Dispositivo

A aplicação exige dados das máquinas e dos funcionários. Os dados das máquinas são obtidos pelos sensores integrados aos próprios equipamentos e pelos seus *logs*. Para os dados dos funcionários e identificação de sua interação com as máquinas, podem ser utilizados *wearables* dotados de *smart tags*, como *Bluetooth Low Energy*, que contém uma identificação única. Com o uso de *smart tags* ativas, é possível inferir, através da recepção das mensagens pelos *gateways*, a localização de cada pessoa na planta fabril, mas essa tecnologia demanda o uso de baterias.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Armazenamento de energia.
- *Smart tag*.

4.7.3 Conectividade

Para o sensoriamento das máquinas, a comunicação acontece por meio de rede local sem fio de alta banda ou cabeada. Já as informações enviadas pelos *wearables* de cada funcionário são concentradas pelos *gateways* para envio à aplicação por meio de redes locais no próprio ambiente ou de acesso à banda larga, no caso de a aplicação estar hospedada em nuvem pública. A soma dos fluxos de dados requer largura de banda de ordem de centenas de kbps até poucos Mbps.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- Redes cabeadas.
- Redes de curto alcance e alta banda.
- Redes de curto alcance e baixa banda.

4.7.4 Suporte à aplicação

Os dados são recebidos por um *middleware* IoT que também mantém o registro dos dispositivos e é responsável pelo seu gerenciamento. Uma importante função desse elemento é a mediação entre diversos sistemas, possibilitando a interoperabilidade. Os

dados gerados por *wearables* e máquinas são armazenados em banco de dados não relacional, e o emprego de *advanced analytics* permite obter *insights* sobre o redesenho dos processos produtivos com base em indicadores de produtividade da planta fabril, como dados de treinamento dos algoritmos cognitivos empregados.

Por fim, apesar dessa aplicação não realizar nenhuma atuação direta no mundo físico, tendo assim menos impacto do ponto de vista de segurança da informação, o grande volume de dados provenientes da operação deve ser tratado como sensível, pois expõe todo o processo produtivo. Diante dessa situação, uma possível abordagem é manter as informações restritas às instalações da fábrica pelo uso de *data center* local.

Para essa aplicação, destacam-se para a camada de suporte a aplicação de tecnologias de:

- *Advanced analytics*.
- Banco de dados não relacional.
- *Middleware* IoT em nuvem.
- *Middleware* IoT *on premises*.