



Produto 7C: Aprofundamento de Verticais – Rural

Dezembro 2017

Sumário

1	CONTEXTO DO ESTUDO DE IOT	3
1.1	INTRODUÇÃO	4
1.2	O SETOR AGROPECUÁRIO NO BRASIL: RELEVÂNCIA NACIONAL E DESTAQUE INTERNACIONAL	5
1.3	SETOR AGROPECUÁRIO: SUSTENTABILIDADE E OPORTUNIDADE PARA O BRASIL CONSOLIDAR SUA LIDERANÇA MUNDIAL	11
1.4	IMPACTO ECONÔMICO DAS APLICAÇÕES DE IOT	15
1.5	PRINCIPAIS APLICAÇÕES: TECNOLOGIAS NECESSÁRIAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE IOT	22
1.6	ATORES CONSOLIDADOS E STARTUPS NACIONAIS	27
1.7	VISÃO AMBICIOSA: A BUSCA PELO POTENCIAL MÁXIMO DE IMPACTO	31
1.8	DEFINIÇÃO DE METAS PARA CUMPRIMENTO DO PLANO DE AÇÃO	33
1.9	ADOÇÃO DO IOT NO AMBIENTE RURAL: RESOLUÇÃO DE BARREIRAS	35
1.10	PLANO DE AÇÃO: OBJETIVOS E INICIATIVAS ESPECÍFICAS	37
2	ANEXO – DETALHAMENTO TECNOLÓGICO DAS APLICAÇÕES	38
2.1	MONITORAMENTO DE MICROCLIMA	42
2.1.1	<i>Descrição da solução</i>	42
2.1.2	<i>Dispositivo</i>	44
2.1.3	<i>Conectividade</i>	45
2.1.4	<i>Suporte à aplicação</i>	45
2.2	GESTÃO DE PRAGAS	46
2.2.1	<i>Descrição da solução</i>	46
2.2.2	<i>Dispositivo</i>	47
2.2.3	<i>Conectividade</i>	48
2.2.4	<i>Suporte à aplicação</i>	48
2.3	MONITORAMENTO DE LOCALIZAÇÃO E COMPORTAMENTO	49
2.3.1	<i>Descrição da solução</i>	49
2.3.2	<i>Dispositivo</i>	50
2.3.3	<i>Conectividade</i>	51
2.3.4	<i>Suporte à aplicação</i>	51
2.4	MONITORAMENTO DA SAÚDE ANIMAL	52
2.4.1	<i>Descrição da solução</i>	52
2.4.2	<i>Dispositivo</i>	53
2.4.3	<i>Conectividade</i>	54
2.4.4	<i>Suporte à aplicação</i>	54
2.5	MONITORAMENTO DO PESO E ALIMENTAÇÃO ANIMAL	54
2.5.1	<i>Descrição da solução</i>	55
2.5.2	<i>Dispositivo</i>	56
2.5.3	<i>Conectividade</i>	57
2.5.4	<i>Suporte à aplicação</i>	57
2.6	GESTÃO DE DESEMPENHO DE MÁQUINAS	58
2.6.1	<i>Descrição da solução</i>	58
2.6.2	<i>Dispositivo</i>	59
2.6.3	<i>Conectividade</i>	59
2.6.4	<i>Suporte à aplicação</i>	60
2.7	PRODUTIVIDADE HUMANA POR ANALYTICS	61
2.7.1	<i>Descrição da solução</i>	61
2.7.2	<i>Dispositivo</i>	62
2.7.3	<i>Conectividade</i>	63
2.7.4	<i>Suporte à aplicação</i>	63

1 Contexto do Estudo de IoT

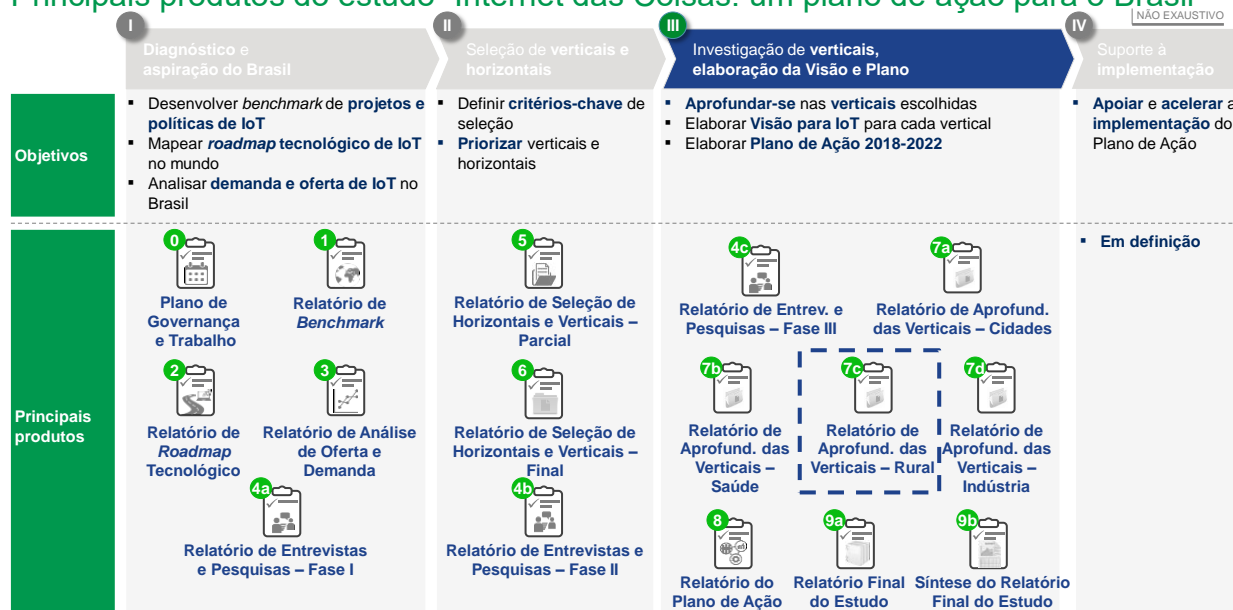
Este “Relatório de aprofundamento das verticais – ambiente rural” é um dos produtos do estudo *Internet das Coisas: um plano de ação para o Brasil*, liderado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações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

- **Diagnóstico e aspiração para o Brasil:** obtenção de uma visão geral do impacto de IoT no Brasil, entendimento das competências de tecnologia da informação e comunicação (TIC) do país e definição de aspirações iniciais para IoT .
- **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 elaboração de 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 sete, inserido na Fase III do estudo, como descrito no **Quadro 1** a seguir:

QUADRO 1

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



FONTE: Análise do consórcio

PLANO DE AÇÃO: OFERTA DE SOLUÇÕES E POLÍTICAS PÚBLICAS DE ESTÍMULO AO USO DE IOT NO CAMPO

1.1 Introdução

A aplicação de IoT no ambiente rural pode trazer inúmeros benefícios aos produtores das diversas cadeias produtivas brasileiras. As diferentes aplicações de IoT para o campo permitem desde o acompanhamento das condições climáticas, do crescimento da plantação, do desempenho das máquinas agrícolas até o acompanhamento detalhado da saúde dos animais. Essas aplicações de IoT têm potencial para trazer importantes ganhos de produtividade e redução de custos com insumos, aumentando a competitividade dos produtos agropecuários brasileiros no cenário internacional. O Brasil também apresenta potencial de desenvolvimento da oferta de soluções de IoT para climas tropicais, replicáveis internacionalmente em regiões de clima semelhante, além de melhor controle fitossanitário das exportações por meio da implementação de sistemas de rastreamento por IoT.

Um estudo conduzido pelo McKinsey Global Institute mensurou o potencial global de impacto da IoT. No ambiente rural, o ganho econômico potencial estimado que a IoT pode trazer é de US\$ 61 a US\$ 362 bilhões em 2025. Só no Brasil, esse ganho é de US\$ 5,5 a US\$ 21,1 bilhões em 2025, dependendo do grau de adoção que essas tecnologias atingirem.

A oferta de soluções de IoT para a agropecuária conta com empresas globais desse ramo, voltadas para produção de maquinário agrícola. Entretanto, muitas *startups* brasileiras também vêm despontando e se expandindo internacionalmente, oferecendo diversas soluções de IoT adaptadas ao clima tropical.

Para que o desenvolvimento de IoT no campo seja feito em sua plenitude, é necessário superar barreiras estruturais relevantes relacionadas principalmente com a falta de infraestrutura de conectividade, as dificuldades de fomento à inovação e a baixa profissionalização da mão de obra.

Este estudo propõe um plano de ação que contempla elementos estruturantes e ações voltadas a fomentar a oferta nacional e a demanda por soluções de IoT no campo. De forma geral, seu objetivo é (1) entender o cenário atual brasileiro na aplicação de IoT, (2) propor uma visão estratégica e definir metas para o desenvolvimento de IoT e (3) propor iniciativas para transformação do cenário nacional de IoT, com base nas aplicações existentes e nas barreiras para sua implementação.

Portanto, este documento está estruturado da seguinte forma:

- Contexto do setor rural no Brasil;
- Desafios e oportunidades;
- Potencial de impacto e aplicações de IoT;
- Detalhamento das tecnologias utilizadas as aplicações de IoT;
- Mapa da oferta de soluções de IoT;
- Visão de IoT;
- Metas para o desenvolvimento de IoT;
- Barreiras à aplicação de IoT;
- Plano de Ação de IoT.

1.2 O setor agropecuário no Brasil: relevância nacional e destaque internacional

O Brasil é o maior exportador mundial de alimentos – entre os quais soja, carnes, café e outros produtos –, com um superávit de US\$ 71 bilhões em 2016¹ no comércio global de itens agropecuários.

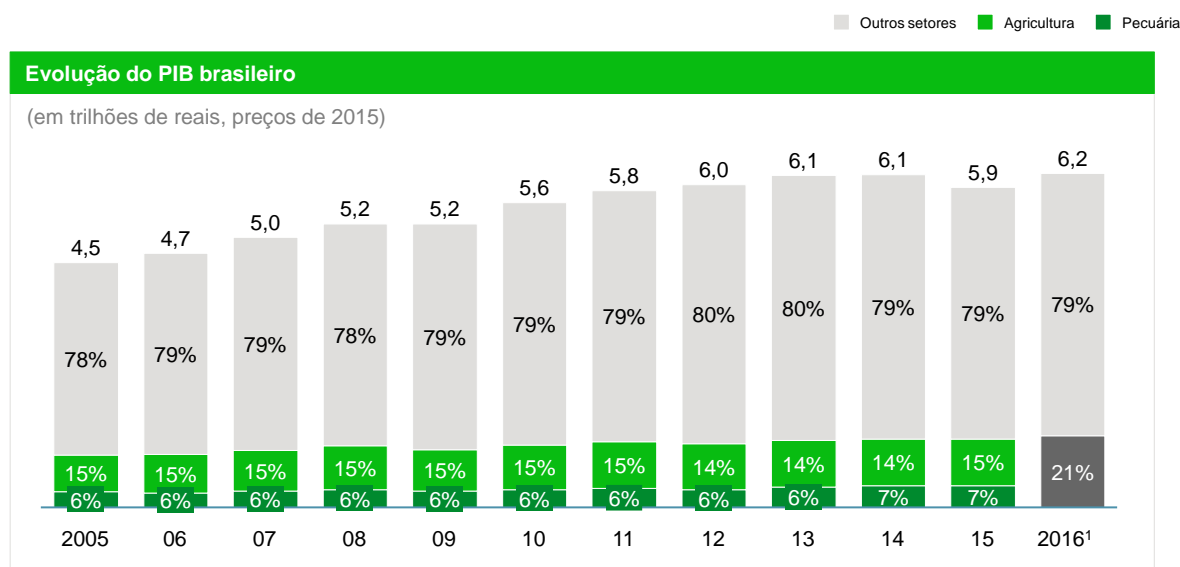
¹ Secretaria de Comércio Exterior.

O país também desponta como uma das principais fronteiras de crescimento da produção agrícola para os próximos anos, possuindo uma das maiores disponibilidades de terra agricultável ainda não explorada do mundo. Dos seus 851,5 milhões de hectares de área total, 69 milhões de hectares² são utilizados para agricultura, com destaque para a soja (32 mi ha) e o milho (16 mi ha)³, 167,5 milhões de hectares são usados para pecuária (2015)⁴, e cerca de 90 milhões de hectares são terras agricultáveis inexploradas.

O setor agropecuário tem grande relevância econômica para o Brasil – cerca de 80% da produção nacional atende o mercado interno, representando 21% do PIB em 2016, como podemos observar no QUADRO 2 – e o restante é exportada principalmente para União Europeia, China, Estados Unidos, Japão, Rússia e Arábia Saudita. As exportações agropecuárias brasileiras representaram 46% do valor exportado em 2015 (valor mantido em 2016), com destaque para a soja, carnes, açúcar, álcool, papel e celulose, como mostra o QUADRO 3.

QUADRO 2

Produção agrícola e pecuária: 21% do PIB em 2016



¹ Estimado

FONTE: IBGE, análise do consórcio

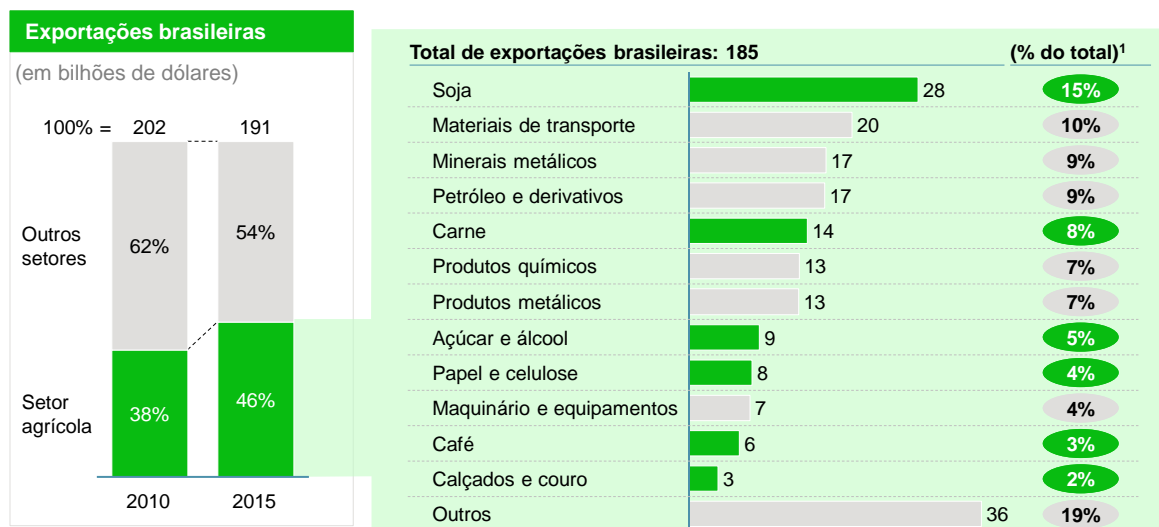
² FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2014.

³ FAO (Food and Agriculture Organization) e Conab (Companhia Nacional de Abastecimento).

⁴ Relatório Anual 2016 da Abiec (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes) – Perfil da Pecuária no Brasil.

QUADRO 3

O campo responde por 46% das exportações brasileiras: destaques



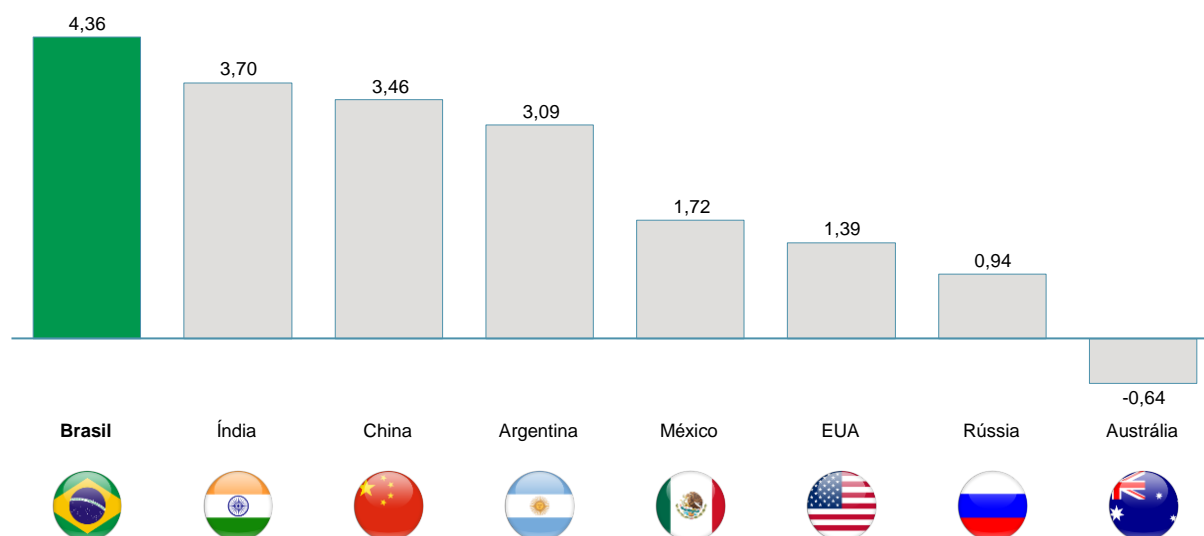
FONTE: IBGE, análise do consórcio

Essa liderança competitiva foi conquistada ao longo de décadas de investimentos públicos e privados no desenvolvimento de tecnologias voltadas para agricultura tropical que, em conjunto com outros fatores, permitiram a evolução e expansão da produção do setor agropecuário brasileiro, conforme ilustra o QUADRO 4.

QUADRO 4

Crescimento médio anual da produção agrícola

(Porcentagens de 2001 a 2010)



FONTE: "Economia e organização da agricultura brasileira" - Chaddad, Fabio

Apesar da relevância do Brasil no mercado global de alimentos, ainda existem grandes oportunidades de aumento da eficiência do processo produtivo por meio de produtividade, garantindo sua sustentabilidade. O setor enfrenta desafios, como infraestrutura deficitária, que gera custos com transporte e logística acima dos valores mundiais, baixa profissionalização da mão de obra no campo, que cria barreiras à adoção de novas tecnologias e à captura do potencial que elas oferecem, além de baixa produtividade, que é inferior à de outros países. O País é o quarto maior consumidor de defensivos agrícolas por hectare⁵ (duas vezes o consumo do Canadá). No mercado lácteo, por exemplo, a produtividade brasileira é de aproximadamente 2 toneladas/ano por animal, enquanto nos Estados Unidos é de cerca de 5 toneladas, e, em Israel, 12 toneladas por ano⁶.

O Brasil oferece enormes possibilidades relacionadas ao uso mais eficiente de insumos produtivos, e recursos naturais, bem como oportunidades de utilização eficaz de maquinários, que oferecem grande potencial de redução de custos com aumento da produção. Em decorrência de maquinários obsoletos e pouco eficientes, o país enfrenta desafios para a produtividade, mas há oportunidades de melhoria. No índice de produtividade do trabalho elaborado por valor adicionado pela agropecuária⁷, o Brasil possui apenas 7% da produtividade da mão de obra dos Estados Unidos, 10% da França, 19% da Grã-Bretanha, 20% da Coreia e 26% do Japão, sendo superior somente à da China e Índia, países cuja agricultura é majoritariamente familiar.

Os produtores brasileiros têm perfis bastante distintos por região, cadeia produtiva e adoção de tecnologia. As cadeias produtivas apresentam diferentes níveis de concentração e profissionalização dos produtores. No QUADRO 5, observamos a pluralidade de cadeias produtivas e perfis de produtores nas diversas regiões brasileiras.

As regiões Sul e Centro-Oeste são os maiores produtores de soja e milho do país, entretanto com características distintas: enquanto na região Sul predominam pequenas propriedades (5-200 hectares), em sua maioria, organizadas em cooperativas, que fazem uso intensivo de tecnologias, na região Centro-Oeste predominam as grandes propriedades (até 30 mil hectares), com foco quase exclusivo nas culturas de grãos que, em sua maioria, empregam tecnologia de maneira intensiva e atingem altos índices de produtividade.

⁵ Kleffmann AMIS AgriGlobe, Phillips McDougall.

⁶ Grant Thornton 2014.

⁷ Groningen Growth and Development Center.

Na região Sudeste, concentram-se grandes propriedades altamente tecnificadas para produção de cana-de-açúcar e muitas cooperativas, também com adoção de tecnologias, para cultivo de café e laranja.

QUADRO 5

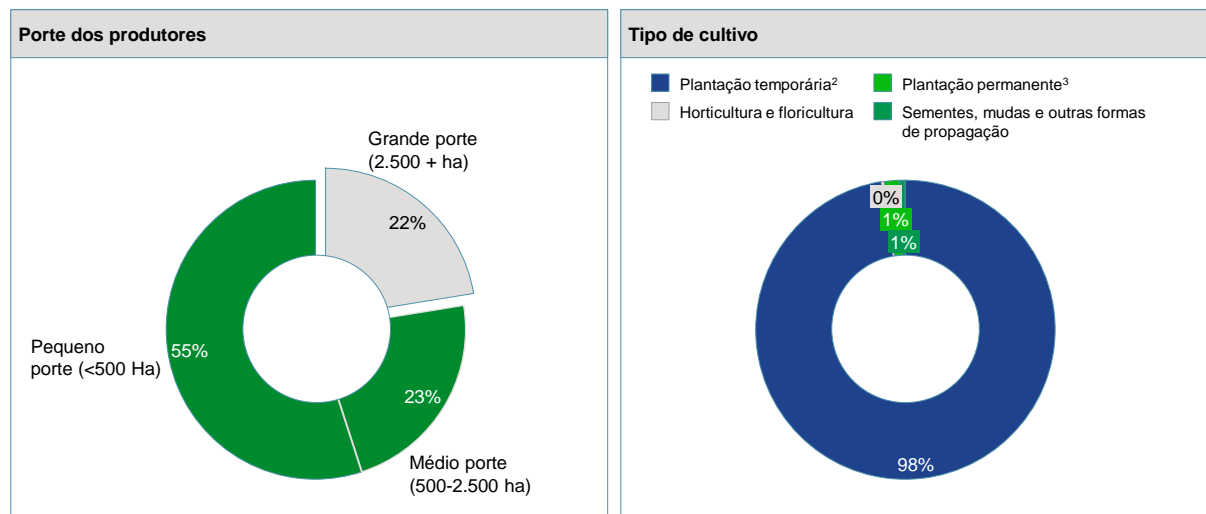
O Brasil e suas 6 regiões agrícolas



Enquanto as culturas de grãos, especialmente voltadas para exportação, são controladas por produtores que atuam em grandes propriedades, as culturas de café, laranja e hortifruticultura são dominadas por produtores que atuam em propriedades de até 500 hectares. Conforme mostra o QUADRO 6, cerca de 78% de toda área cultivada do Brasil é dominada por propriedades rurais de pequeno e médio porte, ou seja, com menos de 2.500 hectares.

QUADRO 6

Cerca de 78%¹ dos produtores são de pequeno e médio porte



¹ Últimos dados disponíveis sobre o tamanho do produtor são de 2006.
² Por exemplo: soja, cana-de-açúcar, milho, algodão, outros grãos.
³ Por exemplo: café, laranja, e a maioria das outras frutas.

FONTE: IBGE – Censo Agropecuário 2006, análise do consórcio

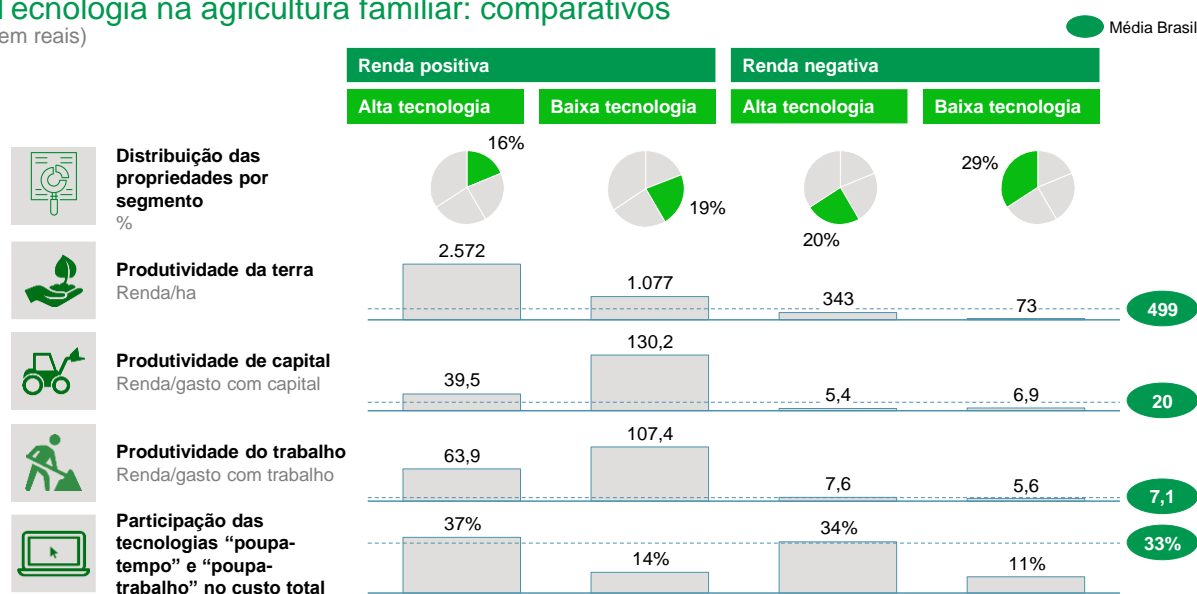
A maior presença de máquinas agrícolas do campo e a adoção de novas tecnologias como as soluções de IoT têm potencial para aumentar significativamente a renda por hectare. Um estudo do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) avaliou o efeito de novas tecnologias em propriedades familiares, indicando que mesmo nas pequenas, a adoção de automação de processos e a mecanização aumentam consideravelmente sua produtividade.

Nas propriedades mais tecnificadas, a produtividade – medida em renda bruta por hectare de terra – é duas vezes maior que a das propriedades pouco tecnificadas, considerando aquelas com renda positiva, isto é, aquelas nas quais a renda é superior aos custos. Nas propriedades com renda negativa, nas quais a renda é inferior aos custos, as tecnologias mais que quadruplicariam a renda por hectare, como pode ser visto no QUADRO 7.

QUADRO 7

Tecnologia na agricultura familiar: comparativos

(em reais)



FONTE: IPEA – agricultura e indústria no Brasil, 2017

É importante considerar que os maiores produtores são os primeiros a adotar novas tecnologias no processo produtivo (*early adopters*) por causa da grande escala de produção e da capacidade de investimento. Entretanto, para os pequenos e médios, as associações e cooperativas do setor fazem o papel de fomentar a adoção de novas tecnologias, organizando grupos ou consórcios para compartilhamento de soluções (por exemplo, de conectividade), maquinários, entre outras. É relevante considerar os diferentes modelos de negócios que podem ser adotados para viabilizar o uso de novas tecnologias geradoras de saltos de produtividade não só para os grandes produtores, mas também para os médios e pequenos, de maneira a incrementar a eficiência do Brasil no setor.

1.3 Setor agropecuário: sustentabilidade e oportunidade para o Brasil consolidar sua liderança mundial

Infraestrutura deficitária gera perdas e aumenta custos. A infraestrutura deficitária de logística e armazenagem durante o trajeto da fazenda até os grandes centros e portos foi apontada como fator gerador de morosidade, custos e perdas no transporte. Os custos de transporte representam cerca 47% do total de gastos com alimentos no Brasil, enquanto nos Estados Unidos esse percentual é de 11%⁸.

⁸ Segundo U.S. Department of Agriculture (USDA).

Baixa profissionalização da mão de obra gera desafios para adoção de novas tecnologias. Embora a escolaridade da população rural esteja crescendo nos últimos anos⁹, a baixa profissionalização da mão de obra para as atividades mais operacionais foi apontada como um desafio. Segundo o IPEA, a maioria dos trabalhadores do campo tem em média quatro anos de escolaridade, enquanto na indústria é de oito anos. Segundo o IBGE, cerca de 57% dos funcionários do campo são contratados fora do mercado formal.

Insegurança dos direitos fundiários limita investimentos no campo. Apesar do enorme potencial de expansão, a insegurança sobre os direitos fundiários foi apontada como um dos principais desafios impostos à produção agropecuária brasileira. Uma quantidade significativa de imóveis rurais não possui titularidade regularizada no cartório de imóveis ou apresenta sobreposições a outros cadastros. O Cadastro Ambiental Rural (CAR) é o cadastro obrigatório para todos os imóveis rurais do Brasil. Um estudo no CAR do Pará revelou que dois terços dos imóveis cadastrados possuíam sobreposição a outros cadastros, e mais de 10% deles registrados em reservas indígenas¹⁰.

Problemas sanitários limitam a expansão internacional. Os problemas sanitários englobam o descumprimento das normas sanitárias vigentes no Brasil, definidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), e exigidas internacionalmente. A falta de dados sobre a proveniência da carne, vacinas e antibióticos usados nos animais foi citada como fato que contribui para a falta de transparência sobre a qualidade da carne. Como consequência, o país enfrenta hoje desafios para adequação das normas sanitárias de diversos países, limitando sua expansão de exportações, especialmente de carnes *in natura*¹¹.

Alta volatilidade dos preços pressiona margens. A imprevisibilidade e a falta de transparência sobre preços praticados por distribuidores nas cadeias produtivas, especialmente de hortifrúti (frutas, legumes e verduras), também foram apontadas como desafio a ser superado. A insegurança em relação aos preços praticados gera pressão nas margens e risco aos produtores. Os preços pagos ao produtor rural chegam a representar apenas 25% do preço final pago pelo consumidor. Um estudo da Hortifrúti Brasil mostra que variações ao produtor chegam ao dobro da variação de preços ao consumidor final, por exemplo, uma variação de 34% ao consumidor representou uma variação de 65% dos preços pagos ao produtor¹² de cebola, em 2017.

⁹ De 2001 a 2009, a média de anos de escolaridade da população rural aumentou 1,2 ano. Cf. “Estatísticas do Meio Rural 2010-2011”, DIEESE, Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA).

¹⁰ Disponível em: <http://apublica.org/2016/08/as-falhas-e-inconsistencias-do-cadastro-ambiental-rural/>

¹¹ USDA.

¹² HF Brasil, 2017.

Requisitos regulatórios geram complexidade de gestão e custos. O campo também enfrenta desafios relacionados ao ambiente regulatório brasileiro de maneira mais ampla. Os requisitos fiscais e trabalhistas foram considerados complexos e restritivos. As demandas fiscais geram complexidade na gestão dos negócios, as alíquotas de ICMS, por exemplo, chegam a variar de 4% a 20%, dependendo do estado de origem e destino da mercadoria¹³. A carga tributária brasileira teve significativo aumento nos últimos anos, passando de 25% para 32% do PIB em 2015¹⁴.

Apesar dos desafios mencionados, o Brasil apresenta enormes oportunidades de otimização da produção, como veremos a seguir.

Uso mais eficiente de insumos gera aumento de produtividade. A produção agropecuária envolve diversos desafios inerentes ao setor, entre eles a competição por preços no mercado mundial, que impulsiona a busca constante pela redução de custos e uso mais eficiente de insumos e recursos, bem como a dependência de fatores não controláveis, como clima e pragas que impulsionam a busca de mecanismos de minimização dos efeitos e do impacto dessas variáveis. Nesse cenário, o Brasil é um dos países que mais consome recursos naturais (sementes, água e terra) e insumos (fertilizantes, defensivos agrícolas e aditivos alimentares) na produção de alimentos, apresentando uma grande perspectiva de redução de custos e de adoção de práticas mais sustentáveis em termos ambientais. Uma pesquisa conduzida pela McKinsey com especialistas do setor agropecuário indica que as maiores oportunidades no campo se concentram no uso mais eficiente da terra (21%) e de insumos (18%). Nessa mesma pesquisa, cerca de 70% dos especialistas afirmaram que as novas tecnologias devem trazer potencial de redução de 20%-30% dos custos produtivos nos próximos três a cinco anos. Além disso, em razão do agravamento do aquecimento global, provavelmente será cada vez mais difícil a previsão das condições ambientais de produção, como temperatura, precipitação e umidade do solo, o que requer maior precisão e rapidez na condução das práticas agropecuárias¹⁵.

Otimização do uso de maquinário gera redução de custos operacionais. Há ainda muitas oportunidades de melhoria de uso de maquinário que podem ser abordadas por IoT, em especial por meio da mecanização e automação (substituição da mão de obra humana por máquinas), definição de rotas mais eficientes de plantio e colheita, e adoção de práticas de manutenção preventiva. A utilização de *analytics* para prever a necessidade de manutenção e trocas de peças, por exemplo, pode reduzir os custos de manutenção em até

¹³ Planalto, Casa Civil.









¹⁴ Receita Federal Brasileira.

¹⁵ “O futuro do desenvolvimento tecnológico da agricultura brasileira”, EMBRAPA.

12%, quando comparados com recomendações padrão do fabricante¹⁶. A melhor gestão das máquinas também otimizaria o consumo de diesel do setor, estimado em de 7,5 bilhões de litros/ano, o que equivale a mais de 12% do consumo nacional¹⁷. Além de reduzir custos, o menor consumo de diesel ainda permitiria minimizar as emissões de CO₂, contribuindo para a sustentabilidade ambiental. O Brasil também apresenta oportunidade de incremento no índice de maquinização do setor. Segundo o Banco Mundial, em 2005, o Brasil possuía cerca de 114 máquinas agrícolas a cada 100 km² de terra agricultável, enquanto Portugal possuía 1.380 e a Áustria 2.401, valores até 20 vezes maiores¹⁸.

QUADRO 8

Os 8 eixos de IoT, com os 4 mais relevantes

Eixos	Exemplos de desafios e oportunidades	Potenciais aplicações de IoT ¹	Aplicações de uso eficiente de insumos e maquinário são as que têm maior impacto com IoT
 Uso eficiente de recursos naturais e insumos	<ul style="list-style-type: none"> O Brasil é o 4º maior consumidor de defensivos agrícolas por hectare (duas vezes o consumo do Canadá). 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoramento do clima Gestão de pragas 	»
 Uso eficiente de maquinário	<ul style="list-style-type: none"> No Brasil, o índice de máquinas agrícolas por m² é cerca de 10 vezes menor que em Portugal, e 20 vezes menor que na Áustria. 	<ul style="list-style-type: none"> Gestão do desempenho de máquinas Otimização das rotas de plantio 	
 Segurança sanitária e bem-estar animal	<ul style="list-style-type: none"> Em 2017, as exportações de carnes <i>in natura</i> para os EUA foram bloqueadas por irregularidades sanitárias em 11% das importações (<i>versus</i> 1% do padrão mundial). 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoramento da localização e comportamento animal Monitoramento da saúde animal 	
 Ambiente regulatório (fiscal, ambiental e trabalhista)	<ul style="list-style-type: none"> A carga tributária brasileira passou de 25% para 36% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2014. 	<ul style="list-style-type: none"> — 	
 Fundiário	<ul style="list-style-type: none"> Há pelo menos quatro sistemas distintos de cadastro de imóveis rurais geridos por diferentes órgãos. 	<ul style="list-style-type: none"> — 	
 Produtividade humana	<ul style="list-style-type: none"> 57% dos trabalhadores do campo são contratados informalmente. 	<ul style="list-style-type: none"> Gestão da produção por <i>analytics</i> 	
 Volatilidade e transparência dos preços	<ul style="list-style-type: none"> Exemplo da cebola: variação de preço de 34% ao consumidor representa variação de 65% dos preços pagos ao produtor. 	<ul style="list-style-type: none"> — 	
 Infraestrutura	<ul style="list-style-type: none"> Os custos de transporte representam cerca de 47% do total de custos no Brasil, enquanto nos EUA o percentual é de 11%. 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoramento de estoques 	

FONTE: Análise do consórcio, HF Brasil, USDA, Phillips McDougall, Kleffmann AMS AgriGlobe, Planalto, WorldBank

É importante mencionar que as cadeias produtivas enfrentam desafios de maneira distinta por causa de características de produção de cada cultura, como duração do ciclo, estrutura de mercado, necessidade de maquinário agrícola e proximidade ao processo de industrialização. A análise exibida no QUADRO 9 mostra como esses desafios se apresentam de forma heterogênea nas diversas cadeias produtivas.

¹⁶ Casos de clientes da McKinsey.

¹⁷ “Balanço energético nacional 2016”, Empresa de Pesquisa Energética e Ministério de Minas e Energia.

¹⁸ Banco Mundial.

QUADRO 9

NÃO EXAUSTIVO

Análise dos desafios por cadeia produtiva

Desafios	Ciclo anual (grãos)		Proteína animal			Ciclos longos		Alto valor agregado		
	Soja	Milho	Gado	Aves e suínos	Leite	Cana-de-açúcar	Silvicultura	Café	Laranja	Hortifrúti
Otimização de uso de insumos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Otimização de uso de maquinário	✓	✓				✓	✓	✓	✓	
Problemas sanitários			✓	✓	✓					
Ambiente regulatório	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	
Fundiário	✓	✓	✓				✓			
Profissionalização da gestão	✓	✓	✓		✓			✓	✓	
Volatilidade e transparência dos preços	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Infraestrutura	✓	✓	✓		✓	✓	✓			

Riscos climáticos e disponibilidade de crédito foram considerados transversais a todas as culturas

FONTE: Análise do consórcio

1.4 Impacto econômico das aplicações de IoT

As aplicações de IoT podem ser classificadas em quatro grupos, conforme mostra o QUADRO 10.

QUADRO 10

As 4 frentes de aplicação de IoT, com o impacto total

NÃO EXAUSTIVO



FONTE: Análise do consórcio

11

Nos quadros 11 e 12, apresentamos as diversas aplicações de IoT para o campo, mapeadas para uma das quatro principais categorias. Essas aplicações foram amplamente discutidas com mais de 70 especialistas do setor agropecuário brasileiro e classificadas segundo seu impacto econômico potencial máximo, estimado em US\$ 21 bilhões, em 2025, considerando o resultado financeiro esperado da adoção e as facilidades de adoção (por exemplo, disponibilidade da tecnologia no mercado nacional).

Sete aplicações de IoT foram selecionadas como as mais relevantes para o impacto econômico e estágio de desenvolvimento da tecnologia. Tais aplicações são detalhadas nos quadros 13 a 19, nos quais apresentamos o contexto atual e a proposta de valor de IoT para cada uma delas. O impacto dessas aplicações é explicado nos 11 e 12 e as competências tecnológicas necessárias para o desenvolvimento dessas soluções estão detalhadas no anexo de competências tecnológicas.

Aplicações de IoT e seus impactos (1/2)

Alto
 Médio
 Baixo

Desafio	Aplicação	Descrição	Impacto estimado	Alavancas de impacto
Uso eficiente de recursos naturais e insumos 	Monitoramento meteorológico	Monitoramento do microclima e recursos naturais por sensores ou miniestações, gerando alertas sobre potencial de pragas, doenças, chuvas , e apoiando a tomada de decisão de plantio, colheita, momento de retorno ao campo e necessidade de irrigação .		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução do uso de defensivos agrícolas ▪ Melhor precisão nas decisões de plantio e colheita ▪ Otimização da irrigação
	Monitoramento do solo	Monitoramento de propriedades físicas, químicas e biológicas do solo , gerando informações para orientar práticas agrícolas como irrigação e manejo do solo.		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento da fertilidade do solo ▪ Aumento da produção ▪ Otimização do uso de fertilizantes
	Gestão da produção	Monitoramento da evolução e crescimento da plantação , que mede as características da plantação, para estimar qualidade e quantidade de produção da safra , e permite controle de produtividade de diferentes variedades.		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Melhor negociação de preços, por meio da melhor estimativa da quantidade e qualidade da produção
	Gestão da irrigação	Acompanhamento da umidade e balanço hídrico do solo por sensores que orientam a necessidade de intervenção.		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de gastos com uso de água
	Mapeamento de terreno	Mapeamento topográfico de terreno com coleta de dados por imagens para criação de um modelo 3D e planejamento do uso de solo, de acordo com a aptidão do terreno, por meio de seleção de culturas que maximizem a probabilidade de germinação e desenvolvimento da semente.		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento do índice de sucesso do plantio
Uso eficiente de maquinário 	Gestão de desempenho de máquinas	Monitoramento em tempo real das operações , gerando um <i>big data</i> que permite o acompanhamento da qualidade das operações e o impacto na cultura, e prevê o momento ideal de manutenção das máquinas.		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de gastos com combustível ▪ Aumento da disponibilidade de máquinas ▪ Aumento de produtividade agrícola
	Remanejamento dinâmico de ativos	Comunicação entre máquinas, que otimiza sua localização e recomenda em tempo real o remanejamento de ativos para maximizar a produtividade, reduzir tempos de espera entre carga e descarga e posicionar operações na janela de plantio e colheita adequadas .		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução dos atrasos relacionados a paradas não programadas ▪ Redução de perdas na colheita por morosidade do processo
	Otimização de rotas no ciclo produtivo	Otimização de rotas, considerando total da área, carga de trabalho, cronograma, equipamentos disponíveis, rotas e estradas para talhões, entre outras restrições, criando plano de expedição ideal e otimizando produtividade .		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de tempo necessário para colheita ▪ Redução de custo de operação
	Controle de pulverizações e aplicações	Captura de dados em trânsito, permitindo ativação e desativação automática de seções do pulverizador para reduzir uso de insumos e impacto ambiental e aumentar rastreabilidade das aplicações.		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução de uso de fertilizantes e defensivos agrícolas ▪ Garantia da qualidade da aplicação
	Monitoramento de estoques	Controle das condições de estocagem em silos, visando prolongar a vida da produção agrícola.		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Redução das perdas da produção durante a estocagem

* Aplicações mapeadas em estudos e em sessões de trabalho com especialistas

FONTE: Análise do consórcio

Aplicações de IoT e seus impactos (2/2)

Alto
 Médio
 Baixo

Desafio	Aplicação	Descrição	Impacto estimado	Alavancas de impacto
Segurança sanitária e bem-estar do animal 	Gestão de pragas	Monitoramento da sanidade da plantação ou pastagem que captura imagens, identificando doenças, plantas daninhas e pestes e permitindo melhor controle fitossanitário.		<ul style="list-style-type: none"> Redução do uso de defensivos agrícolas, por meio da aplicação imediata apenas nas áreas infectadas
	Monitoramento de incêndios	Monitoramento de temperatura, fumaça e/ou gases, gerando alertas para ação com identificação da área específica para intervenção.		<ul style="list-style-type: none"> Redução dos danos a produção Redução de despesas com seguros agrícolas
	Monitoramento de localização e comportamento	Monitoramento da localização e do comportamento do animal, indicando doenças ou necessidade de intervenção quando ele apresenta comportamento anormal.		<ul style="list-style-type: none"> Redução de perdas por roubos
	Monitoramento da saúde e bem-estar do animal	Monitoramento da saúde e bem-estar do animal, ajudando na detecção de doenças e estresse, na predição de datas de parto e na otimização da alimentação do gado.		<ul style="list-style-type: none"> Redução de perda de animais por doenças Melhoria da qualidade percebida da proteína animal
	Monitoramento de peso e da alimentação do animal	Monitoramento de peso do animal por meio de balanças instaladas em locais de passagem obrigatória e ajustes da composição da alimentação. As informações são processadas para definir ponto ótimo de abate.		<ul style="list-style-type: none"> Aumento da produtividade
	Rastreabilidade de vacinas e medicamentos	Rastreabilidade de vacinas, medicamentos e insumos recebidos por cada animal, ajudando a estimar a qualidade esperada da proteína, e a mensurar a adequação a normas fitossanitárias.		<ul style="list-style-type: none"> Melhoria da qualidade percebida da proteína animal
	Monitoramento da qualidade do leite	Monitoramento constante das propriedades físicas, químicas e/ou biológicas do leite, ajudando na detecção precoce de gravidez, abortos, cistos, mastite e cetose, entre outras doenças ou alterações biológicas que possam impactar na qualidade do leite produzido.		<ul style="list-style-type: none"> Melhoria da qualidade do leite Redução das perdas da produção por doenças
Produtividade humana 	Gestão de dejetos animais	Monitoramento e gestão de dejetos dos animais para reutilização sustentável.		<ul style="list-style-type: none"> Redução das emissões de gases e impacto ambiental
	Gestão da produção por analytics	Coleta de dados da produção e geração de relatórios de desempenho por meio de advanced analytics , que indica fontes e causas de perdas e oferece ferramentas para melhor planejamento e gestão da próxima safra .		<ul style="list-style-type: none"> Aumento da produtividade agrícola Redução de custos
	Monitoramento dos trabalhadores	Compartilhamento e monitoramento de informações em tempo real sobre vendas, pedidos de compras, ordens de serviço, horas trabalhadas , entre outras informações, permitindo gestão mais eficiente das atividades e mapeamento de melhores práticas.		<ul style="list-style-type: none"> Aumento da eficiência do trabalho, reduzindo tempos de atualização de informações

* Aplicações mapeadas em estudos e em sessões de trabalho com especialistas
 FONTE: Análise do consórcio

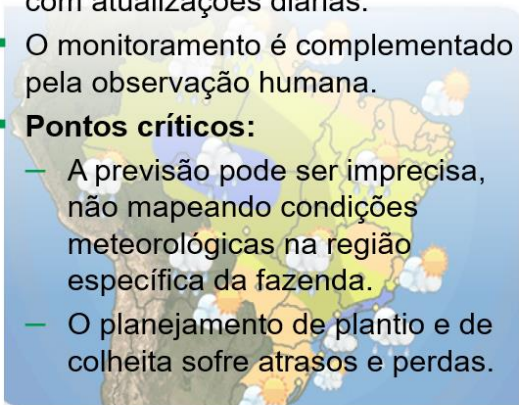
QUADRO 13

Monitoramento meteorológico

EXEMPLO

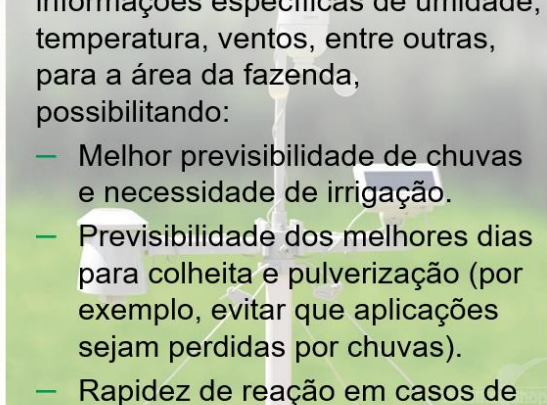
Atualmente, o monitoramento meteorológico é feito com uso de dados consolidados, sem granularidade necessária para agricultura

- O acompanhamento dos dados climáticos é feito por macrorregiões com atualizações diárias.
- O monitoramento é complementado pela observação humana.
- **Pontos críticos:**
 - A previsão pode ser imprecisa, não mapeando condições meteorológicas na região específica da fazenda.
 - O planejamento de plantio e de colheita sofre atrasos e perdas.



O acompanhamento meteorológico por microrregião permite planejamento das atividades com maior acurácia

- Sensores ou microestações climáticas permitem mensuração de informações específicas de umidade, temperatura, ventos, entre outras, para a área da fazenda, possibilitando:
 - Melhor previsibilidade de chuvas e necessidade de irrigação.
 - Previsibilidade dos melhores dias para colheita e pulverização (por exemplo, evitar que aplicações sejam perdidas por chuvas).
 - Rapidez de reação em casos de mudanças de temperatura.



FONTE: INMET, sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, *clippings* da mídia, análise do consórcio

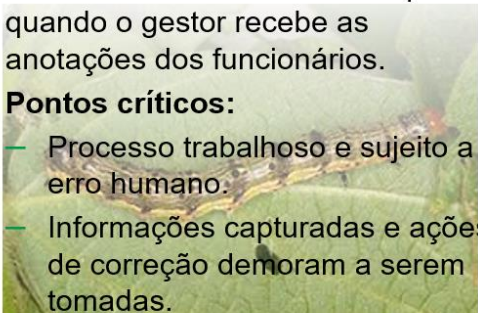
QUADRO 14

Gestão de pragas

EXEMPLO

Hoje, o monitoramento de pragas é realizado por observação humana, com controle manual e reação

- O monitoramento de pragas é feito por observação humana e as incidências são anotadas em papel ou planilha.
- Os dados são consolidados apenas quando o gestor recebe as anotações dos funcionários.
- **Pontos críticos:**
 - Processo trabalhoso e sujeito a erro humano.
 - Informações capturadas e ações de correção demoram a serem tomadas.



O compartilhamento de informações em tempo real e a consolidação imediata geram maior rapidez na gestão pragas

- Papéis e planilhas são substituídos por aplicativos em *smartphone* ou *tablet* que transmitem informações para o gestor em tempo real.
- Informações são consolidadas rapidamente e alertas são gerados, indicando áreas para intervenção e diminuindo o tempo de reação de dias para algumas horas, o que indica necessidade de consulta com agrônomo.



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

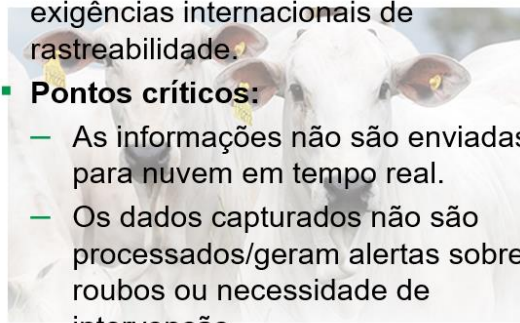
QUADRO 15

Monitoramento da localização e comportamento

EXEMPLO

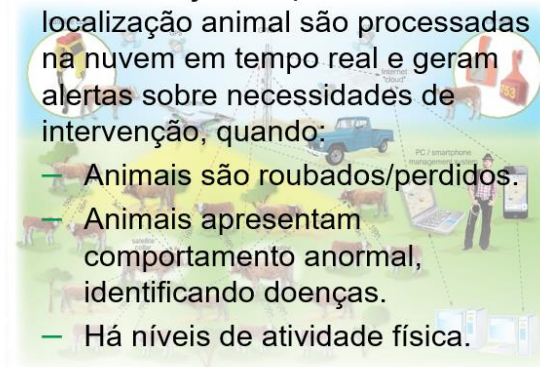
Ferramentas de identificação do animal não capturam nem processam os dados em tempo real

- O monitoramento atual é feito por etiquetas que permitem identificação e localização dos animais, com foco no período de confinamento.
- As informações objetivam atender exigências internacionais de rastreabilidade.
- **Pontos críticos:**
 - As informações não são enviadas para nuvem em tempo real.
 - Os dados capturados não são processados/geram alertas sobre roubos ou necessidade de intervenção.



O monitoramento do comportamento do animal permite identificação on-line

- Os animais são monitorados durante todo o período do ciclo de vida (pasto e confinamento).
- As informações capturadas sobre localização animal são processadas na nuvem em tempo real e geram alertas sobre necessidades de intervenção, quando:
 - Animais são roubados/perdidos.
 - Animais apresentam comportamento anormal, identificando doenças.
 - Há níveis de atividade física.



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

QUADRO 16

Monitoramento da saúde e bem-estar do animal

EXEMPLO

Monitoramento de saúde e bem-estar dos animais é feito manualmente e as ações são reativas

- O monitoramento da saúde e do bem-estar do animal é realizado apenas durante o período de confinamento, com uma “medição” por dia.
- O monitoramento atual é feito por meio de observação humana das condições dos currais, espaçamento entre animais e umidade.
- **Pontos críticos:**
 - Processo totalmente humano e realizado de forma esporádica.
 - Doenças podem ser identificadas tardiamente.



Monitoramento da saúde e bem-estar do animal em tempo real permite identificação precoce de doenças e ação imediata

- Os sensores permitem o acompanhamento da saúde do animal em tempo real, medindo pH, temperatura, hormônios e ajudando a identificar precocemente:
 - Doenças e necessidade de intervenção.
 - Níveis de estresse e monitoração constante do bem-estar.



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

QUADRO 17

Monitoramento do peso e alimentação do animal

EXEMPLO

Monitoramento e mensuração do peso dos animais é realizado manualmente gerando estresse

- O processo de pesagem gera estresse no animal. O peso é anotado em papel ou planilha e depois consolidado.
- A definição de ponto de abate é feita com base na experiência do produtor.
- **Pontos críticos:**
 - Os dados são mensurados semanalmente.
 - Dificuldade de associação do resultado da engorda com alimentação e outros fatores.

Solução de IoT permite a pesagem e forma natural e contínua, e a definição mais precisa do ponto de abate

- A pesagem dos animais é feita de maneira natural (enquanto eles bebem água), várias vezes ao dia.
- Cada animal é identificado individualmente, e a ração pode ser ajustada para acelerar a engorda, bem como outros fatores.
- O ponto ótimo de abate é definido caso a caso, aumentando a produtividade.

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

QUADRO 18

Gestão de desempenho de máquinas

EXEMPLO

Monitoramento do desempenho das máquinas não é mensurado, na maioria das vezes, e a manutenção é reativa

- Dificilmente há monitoramento do desempenho das máquinas em termos de velocidade, tempos de parada etc.
- Os problemas enfrentados durante semeadura e colheita, quando ocorrem, são reportados unicamente pelos funcionários.
- **Pontos críticos:**
 - Identificação de possíveis melhorias altamente dependente dos operadores das máquinas.

Monitoramento constante dos equipamentos permite identificar oportunidades de melhoria

- Os sensores capturam informações, como velocidade, produtividade, gasto de combustível e desgaste das peças, permitindo definição de rotas mais eficientes e ajustes nas máquinas, o que evita quebras durante colheita.
- As soluções processam os dados e geram relatórios, indicando pontos com oportunidade de melhoria e necessidade de reposição de peças.

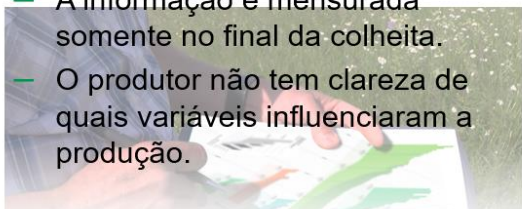
FONTE: Sessões de trabalho, entrevistas com especialistas, pesquisa na internet, análise do consórcio

Gestão da produção por *analytics*

EXEMPLO

Resultados da produção são obtidos apenas no final da colheita e sem indicação clara dos influenciadores

- A produtividade total é mensurada no final da colheita, sem indicação clara de quais fatores influenciaram a produção (p. ex.: uso de fertilizantes, qualidade da semente, uso de água, etc.).
- **Pontos críticos:**
 - A informação é mensurada somente no final da colheita.
 - O produtor não tem clareza de quais variáveis influenciaram a produção.



Gestão por *analytics* permite monitoramento da produção ao longo da safra com identificação do impacto dos diversos fatores

- Ferramentas de *analytics* consolidam diversas variáveis, que impactam a produção e identificam os efeitos de cada uma delas, indicando pontos de melhoria para a próxima safra.



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

1.5 Principais aplicações: tecnologias necessárias para o desenvolvimento de IoT

Realizado o desenho de possíveis soluções para as aplicações selecionadas, analisamos o grau de relevância de cada tipo de tecnologia para essa vertical, atribuído ao número de aplicações em que ela foi utilizada, sendo relativizada à soma ponderada máxima (QUADRO 20).

Necessidade tecnológicas

Aplicação	Nome	Monitoramento de microclima	Gestão de pragas	Monitoramento de localização e comportamento	Monitoramento do peso e alimentação do animal	Gestão da saúde do animal	Gestão de desempenho de máquinas	Produtividade dos trabalhos por analytics	Necessidade
Dispositivos 	▪ 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>				✓	✓			🟡
Conectividade 	▪ 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>								🟡
Suporte à aplicação 	▪ <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 IoT em nuvem</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	🟢
	▪ <i>Middleware IoT on premises</i>								🟡
▪ Visão computacional		✓						🟡	
Segurança da informação 	▪ Criptografia embarcada								🟡
	▪ <i>Anti jamming</i>								🟡
	▪ <i>Anti tampering</i>								🟡
	▪ Assinatura digital								🟡
	▪ <i>Blockchain</i>								🟡
	▪ Controle de acesso ao dispositivo				✓				🟡
	▪ Falha segura				✓				🟡
	▪ <i>Firmware</i> seguro				✓				🟡
	▪ Ingresso seguro à rede de acesso								🟡
▪ Prevenção a DDoS								🟡	

FONTE: Análise do consórcio

Os quadros 21 a 24 mostram um panorama entre as necessidades de tecnologias que as aplicações relevantes nessa vertical demandam, e a respectiva capacidade tecnológica do país. Para tanto, conduziu-se uma análise qualitativa para cada tecnologia demandada na vertical, bem como para a mesma tecnologia em termos de capacidade tecnológica local.

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 vertical¹⁹.

Já a capacidade tecnológica²⁰ local é indicada por ícones semafóricos, atribuídos ao número de organizações que possui competências necessárias para o desenvolvimento da referida tecnologia, conforme respondido na pesquisa “3º Bytes de IoT”, conduzida nos meses de maio e junho de 2017. Por exemplo, se uma dada tecnologia apresenta um número elevado de atores²¹ capacitados a explorá-la, o ícone é verde. Os ícones amarelo e vermelho derivam dessa análise²².

O QUADRO 21 apresenta a análise para a camada de dispositivos na vertical rural. Como pode ser observado, as tecnologias mais relevantes para o desenvolvimento de aplicações nessa vertical são: armazenamento de energia, módulo de geolocalização e sensores eletro/mecânicos. Verifica-se uma menor capacidade tecnológica local para desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia e *energy harvesting*, dado o baixo número de atores que atualmente possui competências para tal.

¹⁹ É importante observar que mesmo círculos com preenchimento mínimo representam tecnologias importantes para o ambiente, uma vez que atendem a pelo menos uma das aplicações de destaques na vertical.

²⁰ A capacidade tecnológica das empresas foi mapeada por meio de auto-declaração dos atores.

²¹ Atores incluem empresas e ICTs que responderam a pesquisa.

²² 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 o sinal amarelo e notas menores que 3 foram atribuídos o sinal vermelho.

QUADRO 21

Necessidades e capacidades na camada de dispositivos



FONTE: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

O QUADRO 22 mostra a análise para a camada de rede na vertical rural. Como pode ser verificado, a tecnologia mais relevante é a de redes *Low Power Wide Area* (LPWA). Quanto a capacidade, observa-se que cinco das sete tecnologias de redes possuem sinal verde, indicando que mais de 60% dos atores consultados tem conhecimento para desenvolvê-la.

QUADRO 22

Necessidades e capacidades na camada de rede



FONTE: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

O QUADRO 23 apresenta a camada de suporte à aplicação na vertical rural. Nela, destaca-se a tecnologia de *middleware* IoT em nuvem como absolutamente necessária para o desenvolvimento de aplicações, seguida por *advanced analytics* e banco de dados

(relacional e não relacional). Com relação à capacidade tecnológica local, observa-se que mais de 60% das empresas possuem capacidades em analytics, bancos de dados não relacionais e relacionais e *edge computing*²³.

QUADRO 23

Necessidades e capacidades na camada de suporte à aplicação



FONTE: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

Por fim, o QUADRO 24 apresenta a análise para a camada de segurança na vertical. Nela, percebe-se que as necessidades de segurança não se mostram tão relevantes quanto para outras. No que tange a capacidade tecnológica local, a tecnologia de *firmware* seguro tem menos de 30% da amostra de atores com competência para seu desenvolvimento.

²³ 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 24

Necessidades e capacidades na camada de segurança

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

1.6 Atores consolidados e startups nacionais

A oferta de IoT para o setor agropecuário nacional conta tanto com a participação de empresas globais, especialmente as voltadas para produção de maquinário agrícola, quanto com grande quantidade de *startups* que vêm despontando e se expandindo internacionalmente, oferecendo as mais diversas soluções.

Entretanto, o processo de transbordamento de tecnologias desenvolvidas em outros países para o cenário nacional é limitado, uma vez que há diferenças climáticas, de solos e de constituição do relevo, que exigem a adaptação dessas tecnologias à nossa realidade²⁴.

O mercado brasileiro também tem se mostrado um ambiente pulsante e propício à criação de novos negócios em AgTech²⁵. Um mapeamento do mercado nacional mostra a diversidade de empresas que já oferecem soluções de IoT para o campo, bem como a adoção dos grandes produtores.

Um mapeamento das AgTechs²¹ brasileiras retrata que a grande maioria delas surgiu há menos de três anos, atende aos mercados de grãos e cana-de-açúcar, concentra-se nos estados do Sul e Sudeste. Sua principal oferta é a de *softwares* de gestão e tecnologias de suporte à tomada de decisões no campo. O QUADRO 25 detalha mais o tema.

²⁴ IPEA, Agricultura e Indústria no Brasil: Inovação e Competitividade, 2017

²⁵ Termo em inglês usado para referenciar empresas de tecnologia em agricultura.

QUADRO 25

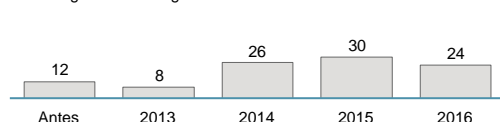
Em São Paulo, metade das AgTechs do país: grãos e cana-de-açúcar

Porcentagem

Resultados do 1º censo brasileiro de startups da AgTech¹

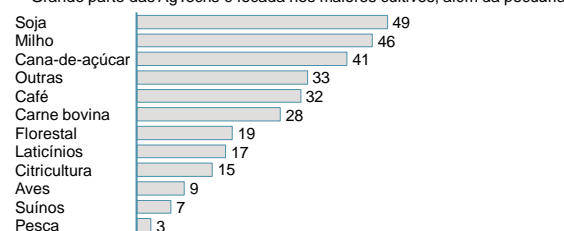
Ano de fundação

- O surgimento das AgTechs se intensificou em 2014



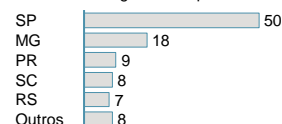
Principais mercados afetados²

- Grande parte das AgTechs é focada nos maiores cultivos, além da pecuária

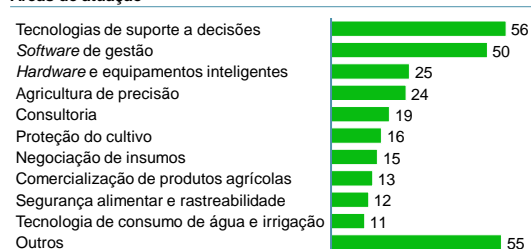


Startups por estado

- São Paulo tem 50% de todas as AgTechs do Brasil
- Piracicaba (SP) é a base de 19% de todas as AgTechs do país



Áreas de atuação²



¹ Realizado em 2016, esse censo contou com 75 startups participantes.

² Como cada startup poder escolher mais de um mercado de atuação, os percentuais podem exceder 100%.

FONTE: Startagro, ESALQ-USP; imprensa

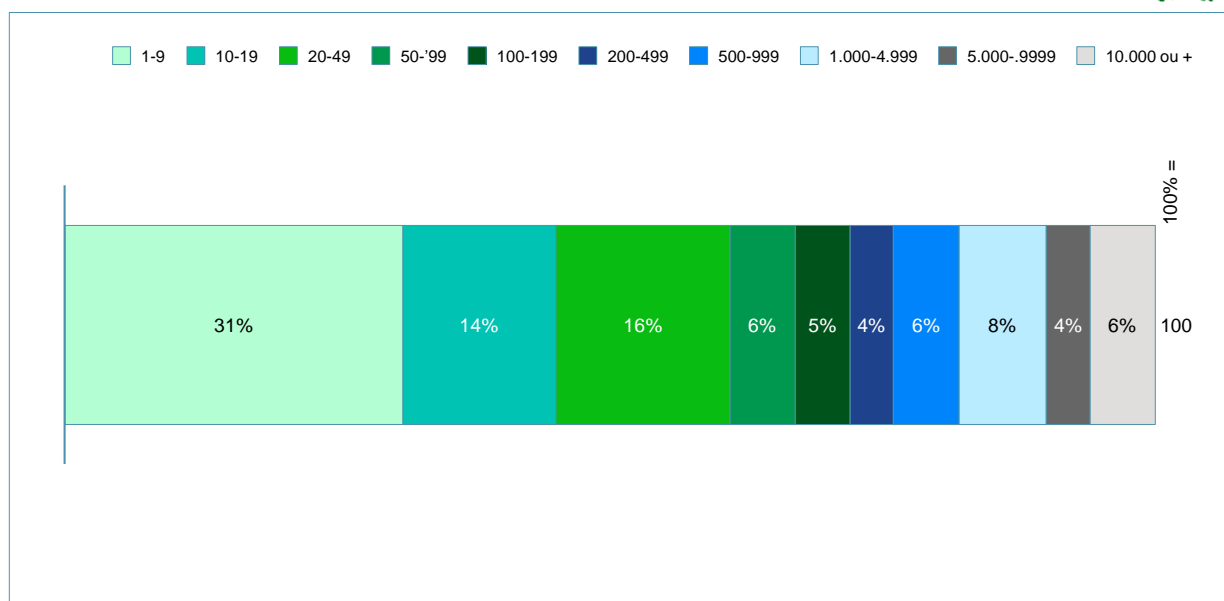
As empresas de tecnologia oferecem uma ampla gama de soluções que vai desde a integração dos dados por meio de *big data* e *advanced analytics* para gerar recomendações até o monitoramento dos animais e da produção agrícola por sensores. As empresas proporcionam soluções a toda a cadeia de valor, desde a produção de insumos até as soluções de *trading* e de desenvolvimento de *software* e *hardware* específicos. Dos atores participantes da pesquisa Bytes de Iot, 95% reportaram ter foco também no fornecimento de soluções para o mercado externo.

Os quadros 26 e 27 mostram o resultado da análise da capacidade tecnológica local no que diz respeito à vertical analisada. A distribuição dos atores que ofertam, ou pretendem ofertar até o final de 2017, soluções de IoT no Brasil para o campo, segmentadas por porte pode ser vista no QUADRO 26. Também se observa que a maioria dos atores (61%) tem até 50 colaboradores²⁶.

²⁶ Afirmam que já atuam ou pretendem atuar na vertical rural 116 atores até o final de 2017.

QUADRO 26

Atores operando na vertical Rural, por porte

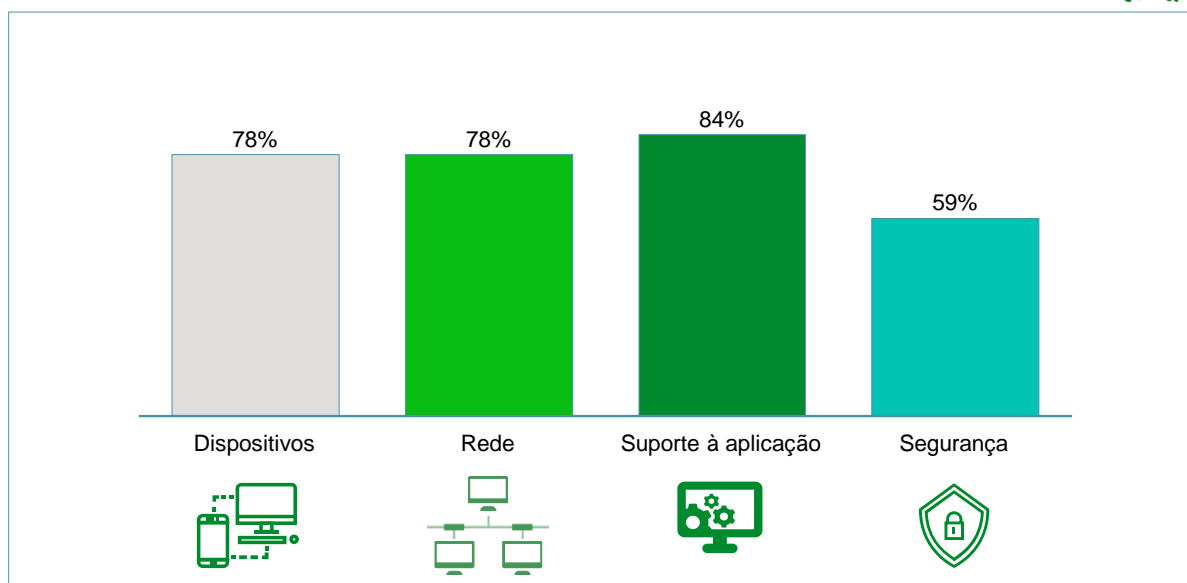


FONTE: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

O QUADRO 27 apresenta o percentual de atores que atuam na vertical rural por camada tecnológica. Nota-se que a maioria dos 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 à entrada de empresas e, portanto, com maior número de atores na vertical.

QUADRO 27

Atores operando na vertical Rural, por camada



FONTE: 3º Bytes de IoT, análise do consórcio

Visivelmente, o número de atores de pequeno porte, ou mesmo *startups*, é muito expressivo, e quase um terço de todas as ofertantes possui menos de dez funcionários. De forma similar, apenas um terço possui mais de 100 funcionários. Apesar de a atuação de empresas menores representar dinamismo e atratividade na vertical, o número elevado traz incerteza sobre o desenvolvimento desse cenário nos próximos cinco ou dez anos.

Há também a necessidade de alinhar os atores ofertantes com as principais demandas e desafios da vertical. Um exemplo é a camada de conectividade, que embora os atores declararem possuir maior competência nela, em comparação com as demais, as tecnologias de rede LPWA e de celular, que têm grande aplicação no ambiente, estão entre as menos dominadas.

Contudo, o cenário descrito também traz oportunidades que, se aproveitadas, podem gerar enorme impacto. 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 pelos quais demandantes e ofertantes possam interagir e alinhar esforços, assim como investimentos sejam incentivados à luz desse alinhamento, tende a fomentar a inovação, não apenas capaz de transformar a vertical em âmbito nacional, mas também em localidades ao redor do mundo, onde os mesmos desafios são encontrados.

Essa forma de interação entre demandantes, ofertantes e entidades de apoio, também conhecida como “rede de inovação”, possui grande apelo para a vertical rural, bem como para as demais verticais priorizadas, e será aprofundada nos próximos documentos deste estudo, em especial no Plano de Ação.

1.7 Visão ambiciosa: a busca pelo potencial máximo de impacto

Um passo importante na definição da estratégia nacional do Plano de Ação de Internet das Coisas (IoT) nos setores de agricultura e pecuária é a criação de uma visão de longo prazo. A visão do Brasil para a IoT no ambiente rural foi desenvolvida com base em diversas interações com especialistas, produtores, acadêmicos e pesquisadores do segmento, tanto em entrevistas individuais quanto em sessões de trabalho colaborativas, nas quais participaram mais de 70 pessoas. Nesse processo, foram considerados os objetivos estratégicos para o setor agropecuário, definidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento em seu Planejamento Estratégico 2016-2019, cujos detalhes são apresentados no QUADRO 28.

QUADRO 28



Exemplos internacionais também foram inspiradores para a definição da visão, como o programa *Internet of Food & Farm 2020*, cuja missão é garantir à União Europeia a posição de líder na indústria global de IoT, como demonstra o QUADRO 29.

Programa da UE visa integrar indústria de alimentos e provedores de tecnologia



Internet of Food & Farm	Aplicações do piloto	Ambição
 <p>A missão do projeto Internet of Food & Farm 2020 é garantir à UE a liderança na indústria global de IoT, por meio da integração entre provedores de tecnologia e a indústria de alimentos, possibilitando modelos de negócio inovadores.</p>	Culturas aráveis 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar a sustentabilidade da cadeia produtiva de alimentos/grãos e da energia, com a mesma quantidade ou menos de insumos.
	Frutas 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar a qualidade das frutas e da produtividade e reduzir perdas.
	Carnes 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar a competitividade da carne produzida no mercado externo, melhorar o bem-estar animal e reduzir o impacto climático.
	Laticínios 	<ul style="list-style-type: none"> Reduzir o impacto ambiental, diminuindo o uso de recursos e insumos e aumentando o bem-estar dos animais.
	Vegetais 	<ul style="list-style-type: none"> Fomentar a automação na produção de vegetais, especialmente os orgânicos, aumentar a rastreabilidade e simplificar os processos de certificação

FONTE: IOF2020, Análise do consórcio

Como resultado das interações, grandes temas foram recorrentes como o posicionamento do Brasil como o maior desenvolvedor de soluções de IoT para agropecuária tropical, visão bastante alinhada com o mapeamento realizado na Fase II do estudo em que o ambiente rural surgiu com a maior capacidade de desenvolver a oferta de IoT em âmbito internacional.

Também foram muito debatidos temas relacionados ao aumento de produtividade nacional, incremento das exportações agropecuárias, expansão das barreiras de exportação (inclusão de novos países), aumentando a relevância do país como um dos grandes exportadores de alimentos do mundo, com produtos de alta qualidade e sustentabilidade socioambiental. A partir desses insumos, foi definida a visão para o IoT, apresentada no QUADRO 30.

QUADRO 30

Visão de Internet das Coisas para o campo



Aumentar a **produtividade e a relevância** do Brasil no **comércio mundial** de produtos agropecuários, com **elevada qualidade e sustentabilidade socioambiental**, e posicioná-lo como o **maior exportador de soluções de IoT para agropecuária tropical**

FONTE: Sessões de trabalho do estudo, entrevistas com especialistas, discussões com BNDES/CMTC, análise do consórcio

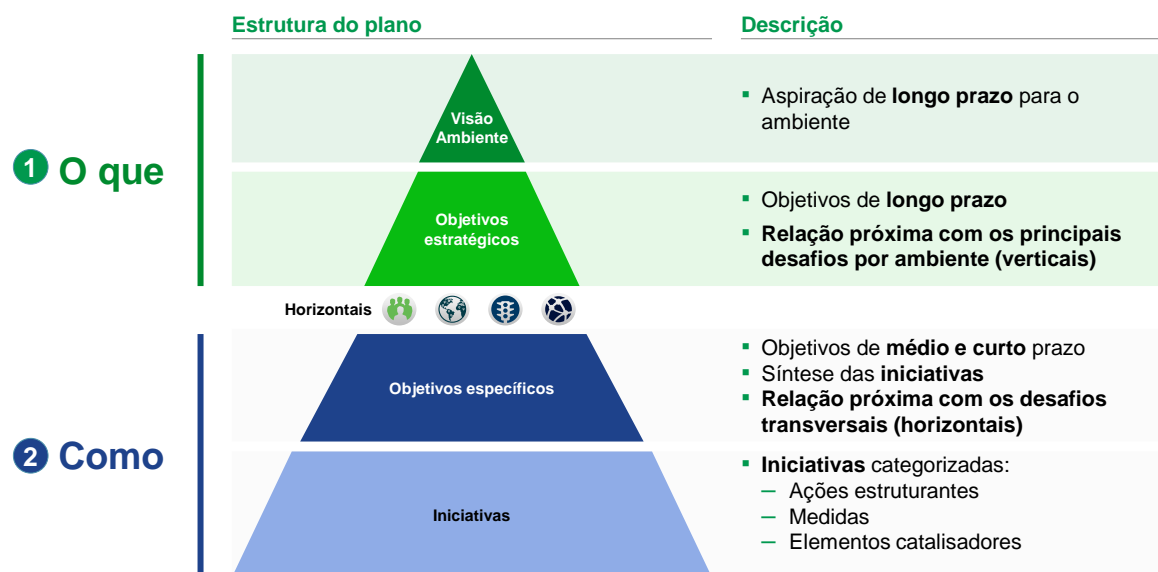
1.8 Definição de metas para cumprimento do Plano de Ação

Após a definição da visão, foram estabelecidos os objetivos estratégicos para cada um dos desafios nos quais IoT possui maior impacto no ambiente rural. Para acompanhar a evolução do país nesses objetivos, foram propostos indicadores de impacto.

A estrutura do Plano de Ação é composta tanto da visão quanto dos objetivos estratégicos, como demonstra o QUADRO 31.

QUADRO 31

4 camadas descrevem *o que e como* será o plano



FONTE: Discussões com o comitê gestor; análise do consórcio

Para a definição dos objetivos estratégicos do estudo, foram usados como referência os seguintes elementos:

- Desafios apresentados no ambiente rural do Brasil.
- Aplicações priorizadas no contexto do estudo.
- Metas definidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).
- Discussões realizadas em sessões de trabalho com especialistas.

O QUADRO 32 recapitula a visão e apresenta os objetivos estratégicos definidos para o campo.

QUADRO 32





Aspiração e objetivos estratégicos

Aspiração

Aumentar a **produtividade** e a **relevância do Brasil no comércio mundial** de produtos agropecuários, com **elevada qualidade** e **sustentabilidade socioambiental**, e posicioná-lo como o **maior exportador de soluções de IoT para agropecuária tropical**



Objetivos estratégicos

 Uso eficiente de recursos naturais e insumos	Aumentar a produtividade e a qualidade da produção rural através da utilização de dados.
 Uso eficiente de maquinário	Otimizar o emprego de equipamentos no ambiente rural pelo uso de IoT.
 Segurança sanitária	Aumentar o volume de informações e sua precisão no monitoramento de ativos biológicos .
 Inovação	Promover a adoção de soluções desenvolvidas localmente para desafios do ambiente.

Exemplo ilustrativo de ação

Fazenda Tropical 4.0

- Disponibilizar conectividade em fazendas de diferentes culturas para desenvolvimento de soluções.

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

1.9 Adoção do IoT no ambiente rural: resolução de barreiras

A implementação de soluções de IoT demanda uma série de requisitos para seu funcionamento adequado nos mais diversos ambientes, para que o Brasil possa obter o benefício econômico de IoT em sua plenitude. Para isso, é necessária a superação das atuais barreiras classificadas nas quatro horizontais do estudo:

- Capital humano.
- Inovação e inserção internacional.
- Infraestrutura de conectividade e interoperabilidade.
- Regulatório, segurança e privacidade.

As barreiras existentes para a adoção de IoT foram mapeadas em diversas interações com especialistas, produtores, acadêmicos e pesquisadores do setor em entrevistas individuais e em sessões de trabalho. Também foram conduzidas sessões específicas para cada um dos temas horizontais aqui apresentados, com destaque para Infraestrutura de Conectividade, Ambiente de Negócio e Inovação, apontados como temas de maior criticidade para o pleno desenvolvimento de IoT no ambiente rural. Os principais pontos levantados podem ser observados no QUADRO 33.

Barreiras mapeadas para desenvolvimento de IoT

Principais temas	
Principais barreiras a adoção	<p>Capital humano</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Baixo índice de profissionalização da gestão no campo. ▪ Falta de mão de obra capacitada para operar soluções IoT. ▪ Falta de mão de obra capacitada para desenvolver soluções de IoT em âmbito nacional.
	<p>Inovação e inserção internacional</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Equipamentos são ainda caros e importados, em sua grande maioria. ▪ Baixo suporte ao empreendedorismo e ao investimento em capital de risco. ▪ Falta colaboração para desenvolvimento de soluções entre instituições públicas e privadas para adoção imediata. ▪ Falta coordenação entre fóruns de instituições públicas e privadas para discussão dos temas relacionados ao desenvolvimento de IoT. ▪ Não há linhas de financiamento para aquisição de serviços de IoT. ▪ Burocracia do processo de financiamento com linhas atuais. ▪ Falta informação de linhas de financiamento. ▪ Faltam incentivos e investimentos para desenvolvimento de tecnologias de ponta.
	<p>Infraestrutura de conectividade e interoperabilidade</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Problemas de conectividade das propriedades rurais com a nuvem. ▪ Alto custo e baixa qualidade das conexões disponíveis. ▪ Problemas de conectividade dentro da propriedade rural ▪ Problemas de conectividade entre as diversas soluções de software e IoT.
	<p>Regulatório, privacidade e segurança</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Privacidade e propriedade dos dados processados por IoT ainda sem definição legal. ▪ Os parâmetros de segurança dos dados trafegados também não estão definidos.

* Estimativa de alto nível feita a partir de entrevistas e sessões de trabalho com especialistas das diversas cadeias produtivas

FONTE: Sessões de trabalho do estudo, entrevistas com especialistas, discussões com BNDES/MCTIC, análise do consórcio




1.10 Plano de Ação: objetivos e iniciativas específicas

Durante o detalhamento do ambiente rural foi realizado um extenso mapeamento e apuração de iniciativas com inúmeros especialistas do segmento, das mais diversas cadeias produtivas.

Em cada horizontal do estudo, o Plano busca atingir objetivos específicos com seus respectivos indicadores de esforço. Em consonância com os objetivos específicos, iniciativas potenciais foram mapeadas em entrevistas (com representantes do setor público, setor privado, academia e sociedade civil), *workshops* e reuniões ao longo do estudo. Essas ações passaram por um processo de priorização e refinamento que levou a sua classificação em três categorias, apresentadas no QUADRO 34 a seguir.

QUADRO 34

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

Mais detalhes sobre as iniciativas em sua versão final podem ser encontrados no Produto 8: Plano de Ação – Projetos mobilizadores e iniciativas priorizadas.

2 Anexo – Detalhamento tecnológico das aplicações

Diversos desafios nacionais na vertical rural podem ser endereçados ao uso de tecnologias relevantes à IoT, cuja implantação pode permitir capturar o impacto esperado da IoT nessa vertical. Em especial, destacam-se as aplicações apresentadas no QUADRO 35.

QUADRO 35

Aplicações para o segmento rural

	Descrição	Impacto estimado
Monitoramento de microclima	Estações dotadas de sensores e conectadas.	●
Gestão de pragas	Monitoramento por imagens capturadas em armadilhas inteligentes.	●
Monitoramento de localização e comportamento	Rastreamento de doenças e necessidades de intervenção.	●
Monitoramento da saúde do animal	Medição do pH e da temperatura por sensores intracorporais.	●
Monitoramento do peso e da alimentação do animal	Balanças em locais de passagem obrigatória e ajustes da composição da alimentação.	●
Gestão de desempenho de máquinas	Monitoramento em tempo real dos maquinários para o acompanhamento da qualidade das operações.	●
Produtividade humana por <i>analytics</i>	Monitoramento da força de trabalho no campo por meio de dispositivos vestíveis.	●

FONTE: Análise do consórcio

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

O levantamento das tecnologias é realizado através do desenho de possíveis soluções que atendam a essas aplicações. É importante frisar que esse exercício não é exaustivo, nem contempla as diversas possibilidades de uso dessas tecnologias, uma vez que o número de combinações possível torna essa abordagem inviável.

De maneira análoga, esta seção não pretende esgotar as possibilidades do uso da IoT na vertical apenas com as aplicações aqui em destaque. Apesar de elas terem sido escolhidas por causa do grande impacto, o valor total que a IoT pode trazer para a vertical rural é resultado de outras aplicações aqui não descritas.

Entretanto, é razoável supor que as tecnologias destacadas para atender ao conjunto de aplicações também são válidas para a solução de outras aqui não mencionadas. A título de exemplo, as tecnologias de conectividade do tipo LPWA, aplicáveis em estações meteorológicas para monitoramento de microclima na vertical rural, possuem

aplicabilidade em outras situações, como monitoramento do rebanho, ou mesmo no monitoramento de poluentes nas cidades.

Portanto, a análise de tecnologias realizada nesta seção permite mapear aquelas que merecem atenção para o uso na IoT, às quais empresas da cadeia de TIC podem ter interesse em utilizar para o desenvolvimento de produtos IoT.

O QUADRO 36 apresenta os tipos de tecnologias analisadas no desenho das soluções IoT para essas aplicações, bem como uma breve descrição.

QUADRO 36

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 eletromecânicos com capacidade de atuação no mundo físico, tais como relés, válvulas, travas, entre outros. Não são considerados como elementos atuadores sinalizadores, cujo objetivo é informar as pessoas, tais 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 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, para 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 maneira dinâmica a localização do objeto inteligente, como 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

22

QUADRO 37

Glossário: camada de dispositivos (2/2)

Tipos de tecnologia	Descrição
Sensores eletro/mecânicos	▪ Tecnologias de sensoriamento capazes de identificar fenômenos elétricos e mecânicos, como MEMS (<i>Microelectromechanical Systems</i>) e SAW (<i>Surface Acoustic Wave</i>).
Sensores ópticos/imagem	▪ Tecnologias de sensoriamento capazes 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 com 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 (<i>Radio Frequency Identification</i>), Beacon BLE (<i>Bluetooth Low Energy</i>) e NFC (<i>Near Field Communication</i>).

FONTE: Análise do consórcio

23

QUADRO 38

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 GSM 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

24

QUADRO 39

Glossário: camada de suporte à aplicação

Tipos de tecnologia	Descrição
Advanced analytics	Tecnologias para o processamento de dados que aplicam técnicas de computação cognitiva (<i>machine learning</i>) capazes de utilizar 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 relacional	Termo que classifica tecnologias de bancos de dados que seguem o modelo relacional, sendo os dados estruturados e acessados na forma de tabelas que se associam entre si por meio de regras de relacionamentos.
Banco de dados não 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 processamento e armazenamento de dados realizados de forma geograficamente mais próxima aos dispositivos que os geraram. Geralmente, aplicadas em cenários em que as aplicações de 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 modo 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 de 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 de 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 40

Glossário: camada de segurança da informação

Tipos de tecnologia	Descrição
Criptografia embarcada	Técnicas para a realização de criptografia de dados executados 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 para inviabilizar a transmissão de dados por interface aérea.
Anti tampering	Tecnologias e técnicas para proteção da violação física que geram alarmes ou mesmo inutilizam o objeto inteligente violado, 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 impedem que acesso remotos não autorizados sejam realizados em objetos conectados.
Falha segura	Técnicas e métodos que visam garantir que diante de uma situação de falha o objeto realizará funções pré-configuradas para 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 seja copiado em um objeto, assim como a utilização remota para a correção de falhas identificadas.
Ingresso seguro à rede de acesso	Tecnologias e métodos que impedem que objetos não autorizados ingressem em uma rede de comunicação.
Prevenção à negação de serviço	Tecnologias que combatem 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

2.1 Monitoramento de microclima

A variação geográfica do clima e da quantidade de chuva em grandes territórios de fazendas resulta na variação da umidade do solo que, se tratado uniformemente, causa ineficiência na irrigação e perdas na colheita.

Portanto, em estações meteorológicas conectadas, o monitoramento do microclima para medir e prever a tomada de decisão para irrigação e a colheita, além de gerar alertas contra o desenvolvimento de pragas e doenças, deve resultar em significativos ganhos de produtividade.

2.1.1 Descrição da solução

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

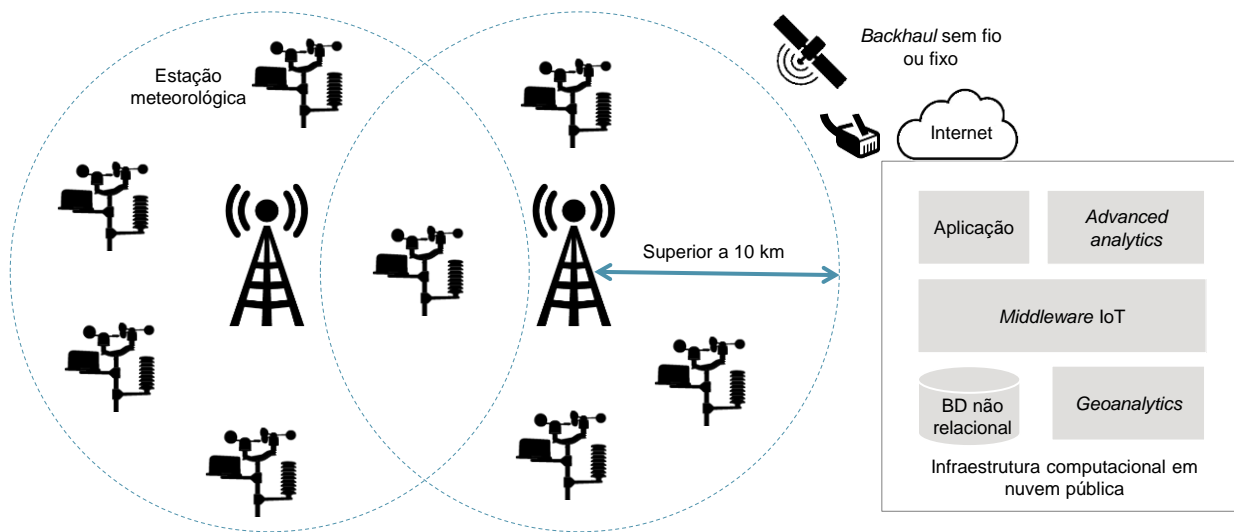
- Cobertura em propriedades de até 200 mil hectares (2.000 km²).
- Estação de medição a cada 40 hectares.
- Medições da umidade e temperatura do ar enviada a cada 30 minutos com tolerância a atraso e perdas.
- Medições de chuva e vento enviadas a partir da detecção desses eventos.
- Medidas consomem poucos *bytes*.
- Estações de medição não dispõem de alimentação principal.
- Estação rádio base dispõe de alimentação.
- Consolidação dos dados a cada hora.
- Baixa criticidade da segurança da informação.

Os QUADRO 41 e 42 apresentam a visão sistêmica de duas possíveis soluções para monitoramento do microclima.

QUADRO 41

Monitoramento de microclima

Visão sistêmica da solução

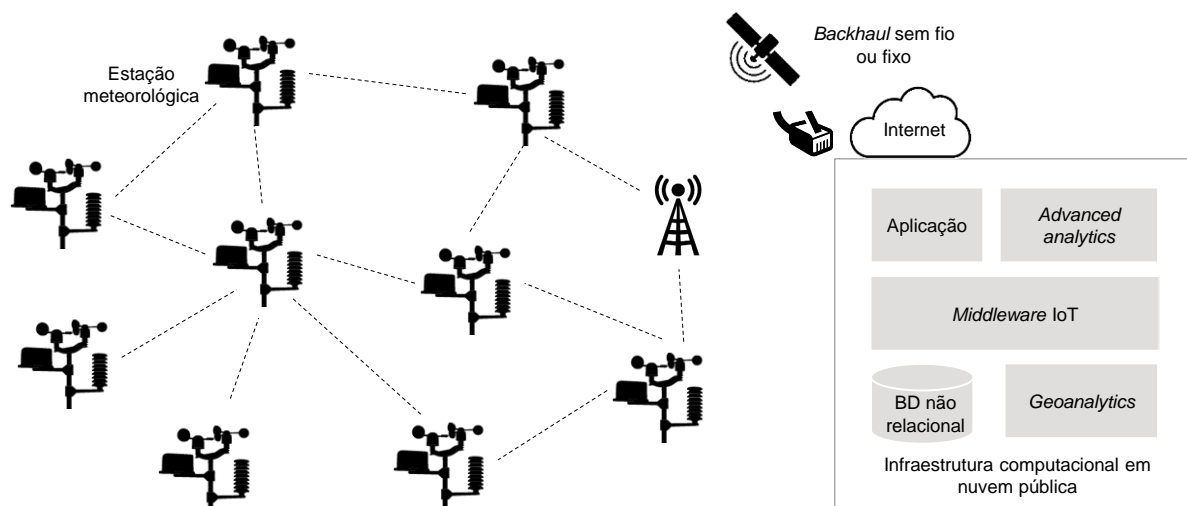


FONTE: Análise do consórcio

QUADRO 42

Monitoramento de microclima

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

A aplicação consiste no monitoramento periódico das grandezas atmosféricas de temperatura, pressão, umidade em microrregiões de aproximadamente 500 metros quadrados, além da detecção de eventos de ventos e chuvas.

O baixo tráfego e a tolerância à perda e atraso fazem com que tecnologias de comunicações mais simples atendam a essa aplicação, sendo priorizada características como área de cobertura, custo e menor consumo energético.

Os dados são coletados por estações meteorológicas conectadas a estações rádio base por meio de rede LPWA (solução 1) ou por rede *mesh* constituída entre as estações (solução 2). Da mesma forma, a baixa criticidade do ponto de vista de segurança da informação torna aceitável não atualizar remotamente o *firmware*, desobrigando a implementação de *downlink*²⁷.

Os dados são transportados pela internet para infraestrutura computacional em nuvem pública para o processamento e geração e relatórios para subsidiar a tomada de decisão.

2.1.2 Dispositivo

Para as estações meteorológicas, é imprescindível uma plataforma de processamento de baixo desempenho, sendo um sistema embarcado sem requisitos mais específicos. Como é um dispositivo fixo, durante sua instalação são definidos as coordenadas e o referencial em relação ao norte geográfico, não sendo necessário um módulo de localização para a atualização dinâmica.

Para detecção da temperatura, pressão e umidade, são utilizados transdutores que convertem essas grandezas em sinais elétricos capturados pelas interfaces do microcontrolador local. Para detecção de intensidade e direção do vento e intensidade de chuvas são empregados sensores magnéticos do tipo Hall, que detectam a movimentação de pás que se movimentam em função do vento e uma balança que se move a partir da captação da água da chuva.

Contudo, dada a quantidade de estações necessárias, não é possível contar com alimentação principal de energia, de forma que painéis solares são utilizados para a geração local de energia²⁸.

Por fim, destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- *Energy harvesting*.

²⁷ A indisponibilidade do *downlink* também corrobora para o aumento da segurança da informação, pois inviabiliza o ataque remoto aos dispositivos.

²⁸ Para a solução 2 (rede *mesh*), é provável que um maior número de painéis solares seja necessário dado o maior consumo de energia para a transmissão de dados em comparação à solução 1.

- Sensores eletro/magnéticos.

Quanto à previsão de volume, considerando que o país possui aproximadamente 9 milhões de hectares destinados para a cultura da cana-de-açúcar²⁹, e o potencial de aplicação desse dispositivo, em outras culturas, é estimado em um mercado total na ordem de algumas centenas de milhares de unidades.

2.1.3 Conectividade

A grande área de cobertura demanda soluções de conectividade capazes de iluminar extensas propriedades. No caso da solução 1, que demanda poucas estações rádio base, é possível levar até elas a rede de energia elétrica e *backhaul* cabeado (de cobre ou fibra) ou, em casos de maior complexidade, *backhaul* sem fio (*wireless*) (rádio ponto a ponto ou satélite). No caso da solução 2, que se baseia em rede *mesh*, é adicionada a conectividade de *backhaul* a poucos elementos participantes da rede, que farão o escoamento do tráfego para a internet. Mesmo servindo alguns milhares de dispositivos, a banda para o *backhaul* não deve ultrapassar algumas centenas de kbps.

Destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

- Redes LPWA.
- Redes *mesh*.

É importante que antes do envio das informações para nuvem sejam utilizados mecanismos de segurança no transporte, dada a baixa criticidade da segurança da informação, o que permite aos dispositivos não ter de suportar a implementação de mecanismos complexos de segurança. Esses mecanismos podem ser implementados com facilidade nas estações rádio base (solução 1) ou nos elementos do *mesh* que fazem interface com o *backhaul* (solução 2). Dessa maneira, como a aplicação não demanda mecanismos de segurança de informação voltados à IoT, aqui nenhum tipo de tecnologia para essa camada é destacado.

2.1.4 Suporte à aplicação

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

Apesar da baixa intensidade de envio de dados por dispositivo, a necessidade do armazenamento é alta, uma vez que os modelos preditivos, baseados em algoritmos de aprendizado de máquina (*advanced analytics*), visam determinar a probabilidade de chuva dentro de intervalo de tempo de horas ou até mesmo dias. Os modelos se baseiam na

²⁹ Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-08/producao-brasileira-de-cana-de-acucar-pode-chegar-646-milhoes-de-toneladas>

análise dos padrões anteriores, considerando como informação de treinamento as situações que resultaram ou não em chuva, e de qual intensidade. Dessa forma, torna-se necessário o emprego de banco de dados não estruturado.

Com relação à capacidade de processamento, o ambiente computacional, embora tenha de realizar complexas operações de *advanced analytics*, não possuiu demandas muito rígidas de HPC (*High Performance Computing*), já que não há necessidade de processamento em tempo real, podendo ser tratadas ao longo do tempo, em uma abordagem de *batch processing*.

Por fim, dada a natureza da aplicação, as informações precisam ser apresentadas em mapas geográficos para que a tomada de decisão da realização ou não da colheita e irrigação seja feita de acordo com as condições das microrregiões. Isso faz com que tecnologias de *geoanalytics* ganhem importância para o desenvolvimento da solução.

Dessa forma, destacam-se para a camada de suporte a aplicação de tecnologias de:

- Banco de dados não relacional.
- *Advanced analytics*.
- *Geoanalytics*.

2.2 Gestão de pragas

Diversos insetos são considerados pragas para muitas culturas, como café, feijão, milho entre outras, e resultam em grandes perdas de produtividade. Assim, o monitoramento da presença de insetos por meio da análise de imagens de alta definição capturadas em armadilhas conectadas permite a rápida tomada de ações, como uso de pesticidas de forma otimizada e outras medidas.

2.2.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução de captura de insetos e envio de imagens são:

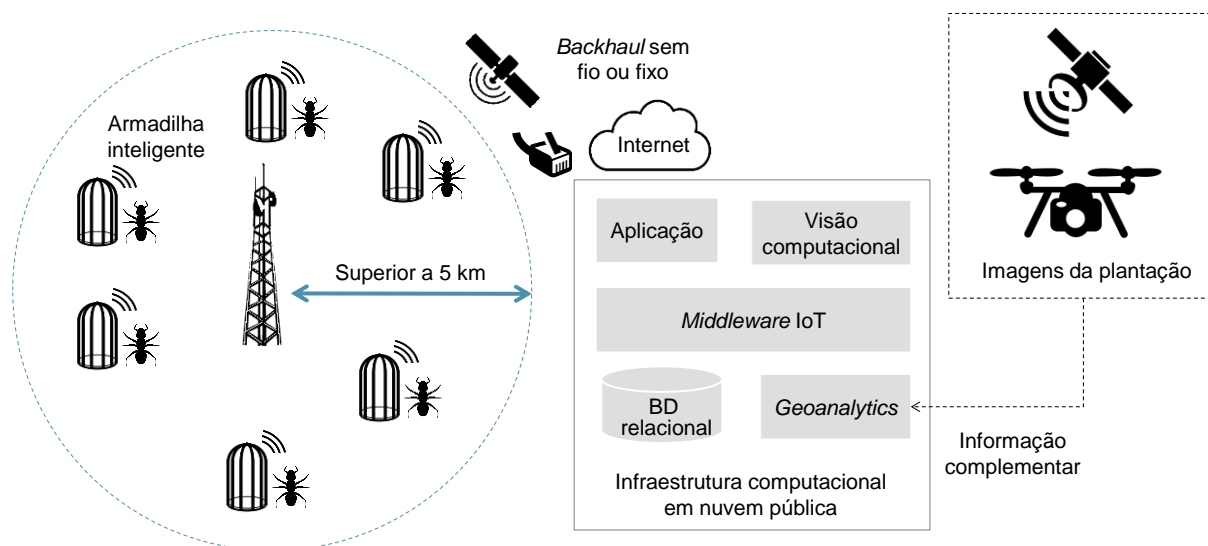
- Até duas armadilhas instaladas a cada 10 hectares.
- Arquivo da imagem possui alguns megabytes.
- Armadilhas não dispõem de alimentação principal.
- Estação rádio base dispõe de alimentação.
- Captação e envio da imagem por evento de captura.
- Consolidação de dados diária.
- Baixa criticidade da segurança da informação.

O QUADRO 43 apresenta a visão sistêmica de uma possível solução para gestão de pragas.

QUADRO 43

Gestão de pragas

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

A aplicação consiste no envio de imagens de insetos capturados em armadilhas inteligentes a cada evento, para tratamento e identificação do tipo de praga e tomada de decisão. A necessidade do envio de arquivos de alguns megabytes requer uso de redes robustas em termos de banda e tamanho dos pacotes de dados. Os dados são transportados pela internet para infraestrutura computacional em nuvem pública para o processamento e geração e relatórios para subsidiar a decisão.

2.2.2 Dispositivo

Os dispositivos responsáveis pela captura das informações necessárias a essa aplicação devem possuir um sistema embarcado de desempenho elevado para o armazenamento de imagens antes da transmissão. Além disso, sensores de imagem de alta definição e de movimento por emissão e detecção de pulso de micro-ondas são necessários para o funcionamento da solução.

Por operar remotamente em áreas amplas, os dispositivos devem contar com placa solar e baterias para a autossuficiência energética. Além disso, sua comunicação requer, por exemplo, um módulo sem fio celular para a transferência de dados, com capacidade superior a algumas centenas de kbps (p. ex.: LTE CAT-M).

Para o funcionamento da solução, iscas são colocadas dentro da armadilha, como feromônios ou luzes que atraem as pragas. Ao detectar o movimento pelo sensor de micro-onda, é acionada a câmera para a captura da imagem. A partir daí, é acionado um *timer*

que impede que uma nova foto seja tirada para não consumir recursos de transmissão. Após decorrido esse tempo, a armadilha irá capturar uma nova imagem.

Destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- *Energy harvesting*.
- Sensores de eletro/mecânicos.
- Sensor de imagem de alta definição.

A previsão de volume no mercado nacional pode atingir 1 milhão de armadilhas para atender os 61 milhões de hectares cultivados.

2.2.3 Conectividade

A extensa área de cobertura demanda soluções de conectividade de área ampla, que necessitem de poucas estações rádio base, para que seja possível levar infraestrutura de energia e *backhaul* por rede cabeada (p. ex.: ethernet, GPON, ADSL) ou por satélite (p. ex.: geostacionário ou baixa órbita) para envio dos dados coletados, com uma taxa não superior a 1 Mbps. Quanto ao acesso, a interface aérea de rede de celular IoT (p. ex.: LTE CAT-M), que suporta picos de banda de centenas de kbps, se mostra adequada à solução. A partir daí as estações rádio base constantemente recebem dados encaminhados pelas armadilhas, fazendo o roteamento dos pacotes para o endereço IP de destino na nuvem.

Dada a baixa criticidade da segurança da informação, o que permite aos dispositivos não ter de suportar a implementação de mecanismos complexos de segurança, é importante que antes do envio das informações para a aplicação em nuvem sejam utilizados mecanismos de segurança no transporte. Esses mecanismos podem ser implementados com facilidade nas estações rádio base. Dessa forma, como a aplicação não demanda mecanismos de segurança de informação voltados à IoT, não se destaca aqui nenhum tipo de tecnologia para essa camada.

Podendo cobrir cerca 8 mil hectares (5 km de raio), o volume no mercado nacional pode alcançar poucos milhares de unidades, considerando o potencial de 60 milhões de hectares cultivados.

2.2.4 Suporte à aplicação

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

As imagens oriundas das diversas armadilhas são armazenadas para posterior análise e geração de mapas e relatórios em banco de dados relacional. Técnicas de visão computacional com dados de treinamento com assistência humana para a definição de pragas são empregadas para garantir assertividade na taxa de detecção das imagens. A análise é completada por imagens de plantação, capturadas por drones ou satélites.

Quanto à capacidade de processamento, a demanda é grande, dado o emprego de algoritmos de visão computacional, mas pode ser gerenciada uma vez que não há necessidade de processamento em tempo real, e, portanto, as imagens podem ser tratadas ao longo do tempo, em uma abordagem de *batch processing*.

Por fim, dada a natureza da aplicação, as informações precisam ser apresentadas em mapas geográficos para que a tomada de decisão para aplicação ou não de pesticida seja feita de acordo com as condições das microrregiões, tornando necessário o emprego de tecnologias de *geoanalytics*.

Destacam-se para a camada de suporte a aplicação de tecnologias de:

- Banco de dados relacional.
- Visão computacional.
- *Geoanalytics*.
- *Middleware* IoT em nuvem.

2.3 Monitoramento de localização e comportamento

Essa solução compreende o monitoramento da localização do gado e identificação do seu comportamento, indicando doenças ou necessidade de intervenção quando o animal se apresenta de modo anormal.

2.3.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução de monitoramento da localização do gado e identificação do comportamento são:

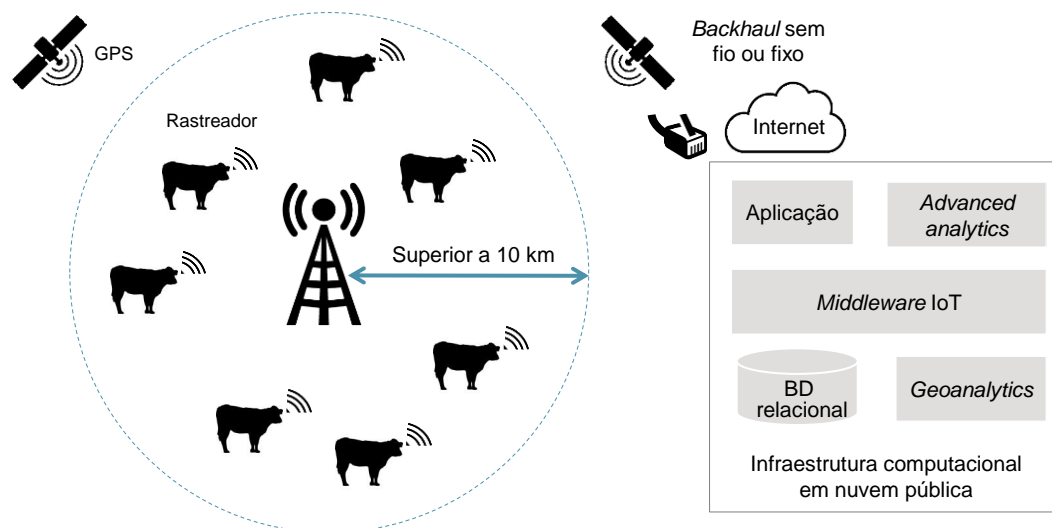
- Antenas com cobertura superior a 10 km de raio.
- Até 25 mil localizadores por estação rádio base.
- Localizador deve enviar coordenada a cada 30 minutos.
- Envio de 6 *bytes* por mensagem (latitude e longitude).
- Localizador deve operar a bateria.
- Estação rádio base dispõe de alimentação.
- Baixa criticidade da segurança da informação.

O QUADRO 44 mostra a visão sistêmica de uma possível solução para monitoramento da localização do gado e identificação do comportamento.

QUADRO 44

Monitoramento de localização e comportamento

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

A aplicação consiste no monitoramento periódico do rebanho por meio de rastreadores dotados de módulos GPS. O baixo tráfego e a tolerância a atraso fazem com que tecnologias de comunicações mais simples atendam a essa aplicação, sendo priorizadas características como área de cobertura, custo e menor consumo energético, por meio de tecnologia LPWA. Os dados são transportados pela internet para infraestrutura computacional em nuvem pública para o processamento e geração e relatórios para subsidiar a tomada de decisão.

2.3.2 Dispositivo

O dispositivo conta com um módulo de localização colocado no animal, por exemplo, em uma coleira. A cada 30 minutos esse módulo de localização (p. ex.: GPS) é acionado para a atualização dinâmica da posição e envio pela interface LPWA. Após a operação, o localizador é desativado para evitar o consumo da bateria. Dada a necessidade de duração da bateria³⁰, existe um desafio particular dessa aplicação que é atingir tal longevidade. Para tanto, abre-se espaço para o desenvolvimento de sistema embarcado de *ultra low power* e sistemas de armazenamento de alto desempenho.

Com relação à previsão de volume, considerando-se apenas o tamanho do rebanho bovino brasileiro, pode-se chegar a um mercado potencial total na casa de 215 milhões de

³⁰ Uma vez que o tempo de abate de um boi varia entre 18 meses a quatro anos, a bateria do dispositivo localizador deve ter uma duração média de ao menos dois anos. Decorre dessa premissa que o sistema embarcado deve apresentar baixo consumo energético para viabilizar a duração da bateria.

unidades. O alto volume, aliado a necessidades especiais de baixo consumo, abre espaço para otimizações em nível de integração de componentes como SoC (*System on a Chip*).

Destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Armazenamento de energia.
- Integração de componentes.
- Módulo de geolocalização.
- Sistema embarcado de baixo consumo.
- Sistemas de armazenamento de alto desempenho.

2.3.3 Conectividade

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* por rede cabeada (p. ex.: ethernet, GPON, ADSL) ou por satélite (p. ex.: geostacionário ou baixa órbita) para envio dos dados coletados, com taxa não superior a 512 kbps. A interface aérea de LPWA de baixo *throughput* é suficiente para as necessidades de comunicação, porém deve suportar alta capacidade de números de dispositivos por estação rádio base. A partir daí essas estações constantemente recebem dados enviados pelos localizadores, armazenam os dados e abrem seção TCP/IP para a aplicação em nuvem.

Podendo cobrir cerca 30 mil hectares (10 km de raio), o volume no mercado nacional pode alcançar em torno de 6 mil unidades, considerando o potencial de 170 milhões de hectares de pasto no país.

2.3.4 Suporte à aplicação

Em ambiente computacional em nuvem pública, os dados de diversos localizadores são recebidos através da mediação de *middleware* IoT, que também mantém o registro dos dispositivos e é responsável pelo seu gerenciamento, armazenando as informações em banco de dados para posterior análise e geração dos relatórios do comportamento do animal.

Apesar da baixa intensidade de envio de dados por dispositivo, a necessidade do armazenamento é alta, sendo necessário o emprego de banco de dados relacional para o armazenamento da última localização do animal, bem como de bancos de dados não relacional para o *tracking* do animal e o processamento dos algoritmos de análise.

O uso de *advanced analytics* para a aprendizagem da condição do animal em função de seu deslocamento demanda dados de treinamento que indiquem a saúde do animal para a aprendizagem dos algoritmos.

Sobre a capacidade de processamento, a demanda é grande, mas pode ser gerenciada, uma vez que não há necessidade de processamento em tempo real.

Destacam-se para a camada de suporte a aplicação de tecnologias de:

- Banco de dados relacional.
- Banco de dados não relacional.
- *Advanced analytics*.

2.4 Monitoramento da saúde animal

O objetivo principal do monitoramento da saúde e bem-estar animal é ajudar na detecção de doenças e estresse animal, na predição de datas de parto e na otimização da alimentação do gado, trazendo benefícios para redução de perda de animais por doenças e aumento da produtividade, em especial no caso de vacas leiteiras.

2.4.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para monitoramento da saúde animal são:

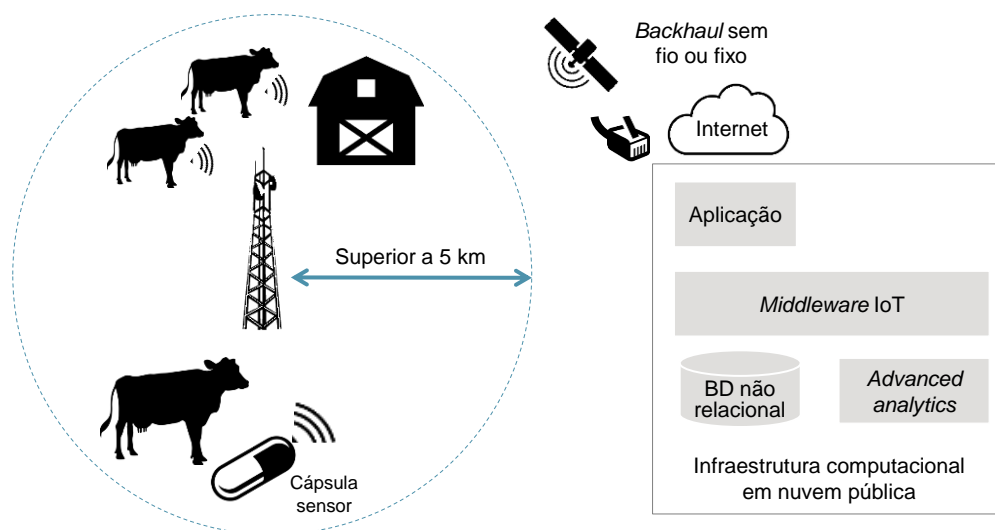
- Antenas com cobertura superior a 5 km de raio.
- Até 10 mil dispositivos sensores por estação rádio base.
- Sensores que coletam informação a cada duas horas.
- Poucos *bytes* enviados por mensagem (temperatura e pH).
- Sensor instalado por via oral no rúmen (primeira câmara do estômago) do animal. Por isso, ele deve ser construído na forma de cápsula.
- Cápsula deve operar a bateria com duração de até sete anos.
- Estação rádio base dispõe de alimentação.
- Solução também pode ser aplicada para gado de corte para medição de temperatura, em especial para monitorar febre aftosa.
- Baixa criticidade da segurança da informação.

O QUADRO 45 apresenta a visão sistêmica da solução para monitoramento da saúde animal.

QUADRO 45

Monitoramento da saúde do animal

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

A aplicação consiste no monitoramento periódico de indicadores importantes da saúde do animal. Os dados são coletados por cápsulas implantadas no rúmen do animal, que são conectadas a estações rádio base por meio de tecnologia LPWA.

Os dados são transportados pela internet para infraestrutura computacional em nuvem para o processamento e geração e relatórios para subsidiar a tomada de decisão.

2.4.2 Dispositivo

A solução requer o emprego de sistema embarcado compacto e de baixo consumo. Como um animal pode sobreviver de seis a dez anos, soluções de armazenamento de energia são um desafio para viabilizar a aplicação.

A aplicação opera a partir da ingestão de uma cápsula que coleta e transmite as medidas a partir dos sensores embarcados. Pode-se utilizar sensores eletromagnéticos para medição do pH e temperatura. O medidor de pH consiste em leitor de voltagem (conversor AD) ligado a um eletrodo responsivo a concentração hidrogeniônica do meio. Por causa de restrições de consumo energético, de espaço, custo e do expressivo tamanho do mercado, existe oportunidade para desenvolvimentos em integração de componentes.

Destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Armazenamento de energia.
- Integração de componentes.
- Sensores biológicos/químicos.

- Sensores eletro/mecânicos.
- Sistema embarcado compacto.
- Sistema embarcado de baixo consumo.

O mercado doméstico é significativo, compreendendo um total de 25 milhões de vacas, porém com potencial para atender o mercado de gado de corte para monitoramento de febre aftosa, de aproximadamente 200 milhões de cabeças para corte.

2.4.3 Conectividade

Quanto ao acesso, a interface aérea de LPMA de baixo *throughput*, porém de alta capacidade de números de dispositivos por estação rádio base, se mostra adequada à solução, podendo cobrir cerca 8 mil hectares (5 km de raio). A área de cobertura é mais limitada em comparação a outras aplicações, pois há o desafio do sinal atravessar o tecido animal.

A partir daí as estações rádio base constantemente recebem dados enviados pelas cápsulas, fazendo o roteamento dos pacotes para o endereço de destino na nuvem.

2.4.4 Suporte à aplicação

Em ambiente computacional em nuvem pública, os dados são recebidos através da mediação de um *middleware* IoT, que também mantém o registro dos dispositivos e é responsável pelo seu gerenciamento. Assim, a plataforma recebe dados de diversos sensores e os armazena para identificação de padrões e predição das condições de saúde do animal, gerando alertas, como melhor momento para inseminação e data do parto, bem como a propensão do animal a possíveis doenças.

Apesar da baixa intensidade de envio de dados por dispositivo, a necessidade do armazenamento é alta, uma vez que os algoritmos de aprendizado de máquina (*advanced analytics*) visam determinar a condição do animal frente aos dados armazenados. Essa aplicação demanda dados de treinamento para indicar a condição da saúde do animal para a aprendizagem dos algoritmos. Dessa forma, torna-se necessário o emprego de banco de dados não estruturado.

Destacam-se para a camada de suporte a aplicação de tecnologias de:

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

2.5 Monitoramento do peso e alimentação animal

O monitoramento de peso do animal por meio de balanças instaladas em locais de passagem obrigatória, para acompanhar o seu desenvolvimento e definir o ponto ótimo

de abate, também possibilita o ajuste da composição da sua alimentação, preparada de forma individual para cada animal, trazendo assim como maior benefício o aumento da produtividade.

2.5.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução para monitoramento do peso e alimentação do animal são:

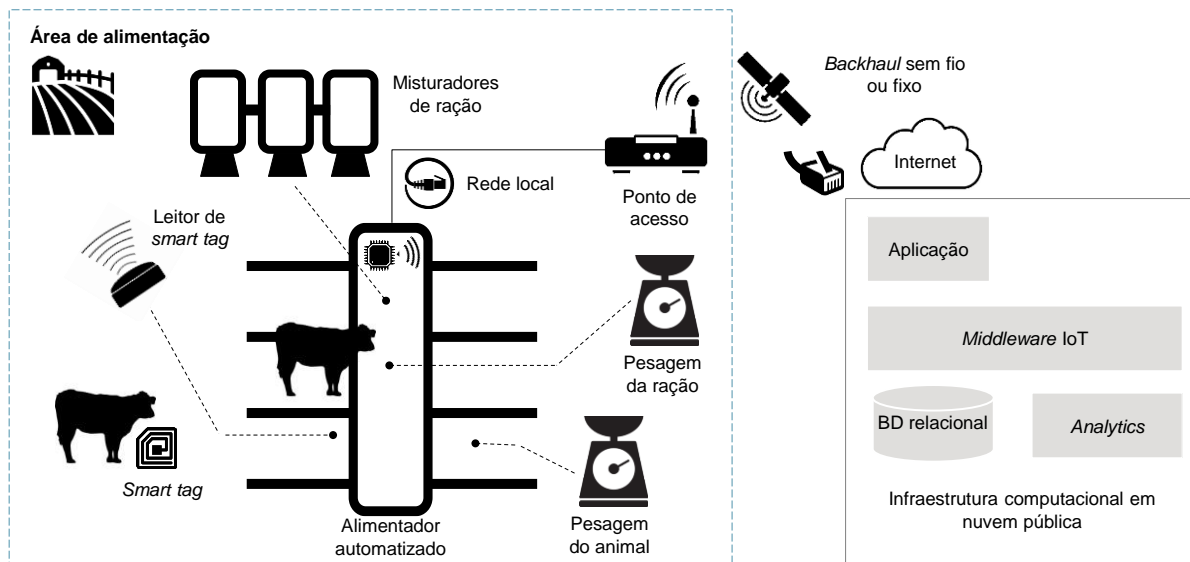
- Rede local com área de cobertura de centenas de metros.
- Até dezenas de alimentadores automatizados por rede local.
- Alimentadores com fonte de energia principal.
- Geração de dados por evento, na ordem de centenas de mensagens por hora e mensagem de dezenas de *bytes*.
- Criticidade da segurança da informação de médio nível, uma vez que a solução possui atuadores (misturadores de ração).

O QUADRO 46 apresenta a visão sistêmica da solução para monitoramento do peso e alimentação do animal.

QUADRO 46

Monitoramento de peso e de alimentação do animal

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

A solução permite a pesagem de maneira natural e contínua, possibilitando a definição mais precisa do ponto de abate. Assim, a pesagem dos animais pode ser feita de forma natural (enquanto eles bebem água), por meio de balanças conectadas, várias vezes ao dia. Uma vez que cada animal é identificado individualmente, sua ração é ajustada para acelerar a engorda, aumentando a produtividade.

Como a operação da solução acontece em tempo real, deve-se lançar mão de soluções de conectividade robustas, com alta banda e disponibilidade. Além disso, por ser uma aplicação que interage com o mundo físico, deve-se pensar em soluções de falha segura, para evitar que algum animal deixe, por exemplo, de receber alimento por causa de falha individual de um sensor.

Os dados são transportados pela internet para infraestrutura computacional em nuvem, porém faz-se uso de arquitetura *edge computing*, já que parte da aplicação deve rodar no equipamento visto que instabilidades na comunicação com o sistema em nuvem não podem interromper o funcionamento da solução.

2.5.2 Dispositivo

A solução requer o emprego de sistema embarcado de alto desempenho, capaz de realizar a leitura de elementos sensores eletro/magnéticos para peso do animal e da ração, bem como controlar atuadores para misturar e disponibilizar a ração para o animal. Além disso, portais localizados junto aos cochos devem ser capazes de ler *smart tags* para a identificação do animal.

O alimentador automatizado é composto de locais de pesagem do animal instalados nos pontos de disponibilização da ração e de pesagem da ração para inferir a quantidade que o animal ingeriu. Leitores de RFID (*Radio Frequency Identification*) identificam o animal e atualizam o peso no sistema que prepara a mistura da ração na quantidade ideal, de forma customizada para cada animal.

Dado que o sistema possui atuadores (misturadores de ração), é importante garantir a segurança da informação para prevenir invasões ao equipamento que possam gerar perda financeira para a operação. Assim, o sistema precisa implementar mecanismo de falha segura, para conseguir manter a operação autônoma, caso perca acesso à rede, além de outros mecanismos, como atualização remota de *firmware*.

Destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Atuadores.
- Sensores eletro/magnéticos.
- Sistema embarcado de alto desempenho.
- *Smart tag*.
- Controle de acesso ao dispositivo.
- Falha segura.

- *Firmware* seguro.

O mercado doméstico é significativo, compreendendo cerca de 10% do rebanho atual em pecuária intensiva (22 milhões de cabeças) e um alimentador automatizado servindo algumas centenas de animais. Pode chegar a uma ou duas centenas de milhar de alimentadores com o aumento da pecuária intensiva para 20% do rebanho no país.

2.5.3 Conectividade

Dada a necessidade de operação em tempo real, deve-se lançar mão de infraestrutura de rede local de alta banda (p. ex.: WiFi) ou cabeada (p. ex.: ethernet), com *backhaul* por rede cabeada (p. ex.: ethernet, GPON, ADSL) ou por satélite (p. ex.: geoestacionário ou baixa órbita) para envio dos dados coletados.

Destacam-se para a camada de conectividade tecnologias de:

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

2.5.4 Suporte à aplicação

A solução faz uso de *middleware* IoT em nuvem pública para recebimento dos dados e gerenciamento de dispositivos, armazenando dados dos alimentadores para acompanhamento do desenvolvimento animal. O emprego de técnicas de *analytics* permite definir o tipo de ração que o animal deve receber e acompanhar seu desenvolvimento, definindo o tempo ideal do abate. Assim, deve-se utilizar banco de dados relacional para armazenagem do histórico do animal.

Considerando que instabilidades na comunicação com o sistema em nuvem não podem interromper o funcionamento da solução, deve-se empregar arquitetura *edge computing*, uma vez que parte da aplicação deve rodar no equipamento localmente.

Destacam-se para a camada de suporte a aplicação de tecnologias de:

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

2.6 Gestão de desempenho de máquinas

A aplicação de gestão de desempenho de máquinas compreende o monitoramento em tempo real das operações, gerando um *big data* que permite o acompanhamento da qualidade das operações, prevenindo o momento ideal de manutenção das máquinas, trazendo mais benefícios para reduções de gastos com combustível e de paradas não programadas das máquinas.

2.6.1 Descrição da solução

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

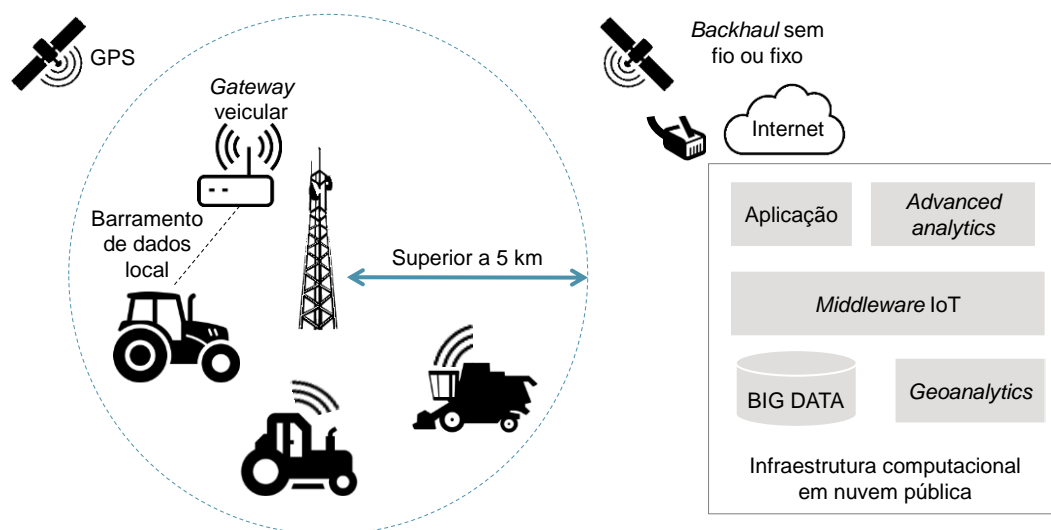
- Até 5 mil máquinas cobertas por estação rádio base.
- Cada máquina pode enviar um fluxo de dados com ordem de grandeza de kilobites por segundo.
- *Gateway* veicular utiliza alimentação disponível no próprio veículo.
- Estação rádio base dispõe de alimentação.
- Fluxo de dados é contínuo enquanto a máquina está em operação.
- Baixa criticidade da segurança da informação.

O QUADRO 47 apresenta a visão sistêmica da solução para gestão de desempenho de máquinas.

QUADRO 47

Gestão de desempenho de máquinas

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

A solução permite o monitoramento em tempo real das operações do maquinário, reduzindo o consumo de combustível através da definição dinâmica de rotas, e otimizando a manutenção por meio de previsão das quebras, visando aumentar o tempo de operação.

Os sensores, embarcados no maquinário ou adicionados através do dispositivo veicular, permitem capturar dados como velocidade, produtividade, gasto de combustível e desgaste das peças, possibilitando a definição de rotas mais eficientes e ajustes nas máquinas, para evitar quebras durante a colheita.

Os dados são transportados pela infraestrutura de conectividade, armazenados e processados na nuvem, de modo a permitir a geração de relatórios que indicam os pontos de oportunidade de melhoria e necessidade de reposição de peças, melhorando a tomada de decisão.

2.6.2 Dispositivo

Um *gateway* veicular com capacidade para ler o maquinário agrícola, através de barramento de dados local para coleta das informações capturadas pelos sensores embarcados no maquinário, armazena os dados produzidos pelos sensores do equipamento, como temperatura do motor, nível do óleo, velocidade etc.

O dispositivo também possui módulo de localização via GPS e giroscópio com tecnologia MEMS para detectar vibrações e movimentos. Vale destacar que a leitura dos dados do equipamento é um desafio porque normalmente os fabricantes não disponibilizam suas APIs.

Destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Módulo de geolocalização.
- Sensores eletro/mecânicos.

O mercado doméstico é significativo, compreendendo um parque de centenas de milhares de máquinas agrícolas no país: 114 máquinas por 100 km² de terra agricultável e um total de 600 mil de km² de terra agricultável.

2.6.3 Conectividade

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

O *backhaul* dessa rede pode ser por rede cabeada (p. ex.: ethernet, GPON, ADSL) ou por satélite (p. ex.: geoestacionário ou baixa órbita) para envio dos dados coletados, com taxa

não superior a 1 Mbps. As estações rádio base recebem constantemente dados enviados pelos *gateways* veiculares e fazem o roteamento dos pacotes para o endereço IP da aplicação em nuvem.

Podendo cobrir cerca 8 mil hectares (5 km de raio), espera-se um volume de poucos milhares de unidades, considerando-se o potencial de 60 milhões de hectares cultivados, para o atendimento do mercado nacional com essa aplicação.

2.6.4 Suporte à aplicação

Em ambiente computacional em nuvem pública, os dados são recebidos através da mediação de um *middleware* IoT, que recebe os dados dos *gateways* veiculares e armazena as informações mais recentes da localização de cada máquina, bem como os últimos valores de cada tipo de dado, como velocidade e temperatura em banco de dados relacional.

No entanto, todo o *log* de dados dos sensores é armazenado em banco de dados não relacional, e o emprego de algoritmos de *machine learning* permite fazer a predição de quebras e a otimização de rotas. Um desafio dessa solução é treinar tais algoritmos, em especial para manutenção preditiva que, em uma primeira fase, precisa do auxílio humano para indicar as situações de quebra (geração de dados de treinamento).

Além disso, a solução faz uso de técnicas de *geoanalytics* para acompanhamento em tempo real do posicionamento do maquinário e apresentação do histórico de rotas.

Com relação à capacidade de processamento, embora a demanda por poder computacional seja grande, os dados não precisam ser processados em tempo real, podendo ser tratados ao longo do tempo, em uma abordagem de *batch processing*.

Destacam-se para a camada de suporte a aplicação de tecnologias de:

- *Advanced analytics* (aprendizado de máquina).
- Banco de dados não relacional.
- *Geoanalytics*.
- *Middleware* IoT em nuvem.

2.7 Produtividade humana por *analytics*

A aplicação compreende o monitoramento da força de trabalho no campo por meio do uso de dispositivos vestíveis (*wearables*), trazendo como principal benefício o aumento da produtividade da mão de obra.

2.7.1 Descrição da solução

Os principais requisitos não funcionais da solução de produtividade humana por *analytics* são:

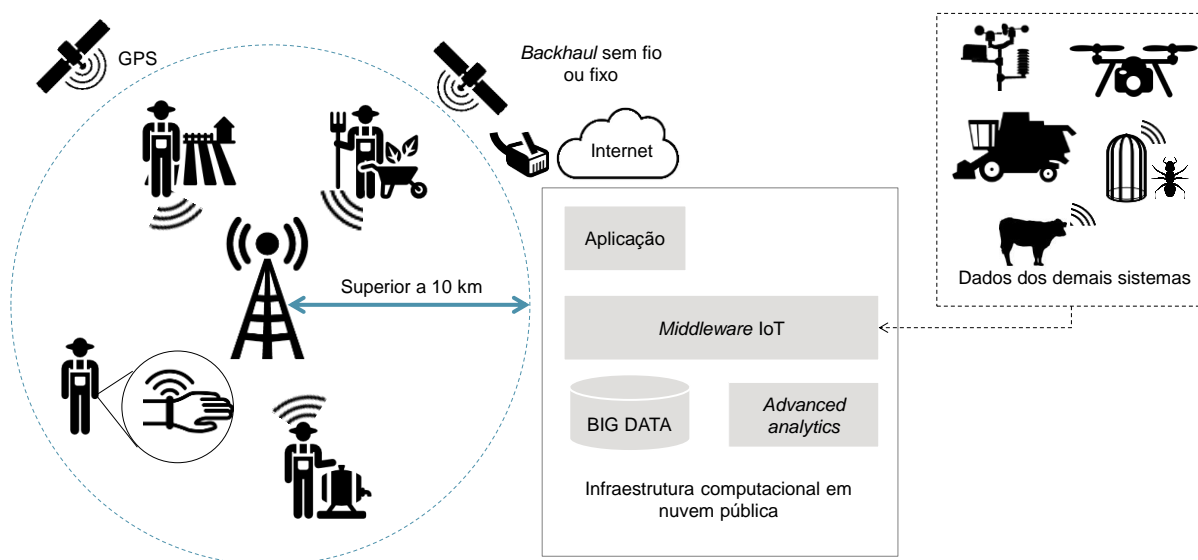
- Até 3 mil *wearables* cobertos por estação rádio base.
- Medidas de localização enviadas a cada 15 minutos, em mensagens de 6 *bytes*.
- Alarmes são gerados a partir de eventos de queda ou de chamadas de emergência, também consumindo poucos bytes.
- Estação rádio base dispõe de alimentação.
- Baixa criticidade da segurança da informação.

O QUADRO 48 apresenta a visão sistêmica de uma possível solução para produtividade humana por *analytics*.

QUADRO 48

Produtividade humana por *analytics*

Visão sistêmica da solução



FONTE: Análise do consórcio

Para realizar de maneira completa a gestão da produção, após a concentração de dados coletados nas mais diversas aplicações da IoT no campo, torna-se também necessário o monitoramento da força de trabalho, que é uma fonte de dados de grande importância

para o redesenho de processos que visa ao aumento da produtividade. Adicionalmente, ocorrem ganhos relativos à salubridade dos trabalhadores.

Assim, a aplicação consiste na captura e envio de dados de localização dos trabalhadores no campo, bem como de informações da interação da força de trabalho com o mundo físico, por meio de *wearables*, para posterior realização de análises avançadas.

O baixo tráfego e a tolerância à perda e atraso fazem com que tecnologias de comunicações mais simples atendam a essa aplicação, sendo priorizadas características como área de cobertura, custo e menor consumo energético.

Os dados são transportados pela internet para infraestrutura computacional em nuvem pública para o processamento e geração de relatórios para subsidiar a tomada de decisão

2.7.2 Dispositivo

A solução utiliza dispositivos vestíveis (*wearables*) que acompanham o trabalhador ao longo de sua jornada de trabalho, atualizando dinamicamente sua coordenada geográfica através de módulo de localização GPS, e enviando essas informações para a aplicação em nuvem através de conectividade sem fio (*wireless*).

Além disso, o dispositivo é dotado de sensor MEMS capaz de detectar movimentos anormais, como uma queda, para o envio de notificações de emergência, e também de um botão que pode ser acionado manualmente pelo trabalhador para solicitar auxílio.

Por fim, o dispositivo deve ser capaz de suportar o funcionamento ininterrupto durante toda a jornada de trabalho, e, portanto, requer soluções de armazenamento de energia adequadas ao ambiente da aplicação.

Destacam-se para a camada de dispositivos tecnologias de:

- Armazenamento de energia.
- Módulo de geolocalização.
- Sensores eletro/mecânicos.

A previsão de volume no mercado nacional pode atingir dezenas de milhões de dispositivos, considerando um total de 14 milhões de trabalhadores no campo.

2.7.3 Conectividade

A extensa área de cobertura demanda soluções de conectividade de área ampla, que necessitem de poucas estações rádio base, para que se possa levar infraestrutura de energia e *backhaul* para elas, com taxa não superior a 512 kbps.

Em termos de acesso, a interface aérea de LPWA de baixo *throughput*, porém de alta capacidade de números de dispositivos por estação rádio base, se mostra adequada à solução, podendo cobrir cerca de 30 mil hectares (10 km de raio). A partir daí, as estações rádio base recebem constantemente dados dos *wearables*, fazendo o envio dos pacotes para o endereço IP de destino na nuvem.

2.7.4 Suporte à aplicação

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

Tal plataforma recebe os dados dos dispositivos vestíveis e armazena as informações mais recentes da localização de cada trabalhador em banco de dados relacional. Por outro lado, todo o *log* de dados dos diversos sistemas IoT é armazenado em banco de dados não relacional, e o emprego de algoritmos de *machine learning* permite fazer a análise das operações, indicando gargalos que devem ser o foco das ações de melhoria, por exemplo, o redesenho dos processos operacionais visando ao aumento da produtividade.

Apesar de a 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*.

Destacam-se para a camada de suporte a aplicação de tecnologias de:

- *Advanced analytics* (aprendizado de máquina).
- Banco de dados relacional.
- Banco de dados não relacional.
- *Middleware* IoT em nuvem.