

INDÚSTRIA 4.0

Mapeamento das tecnologias

Relatório Geral



OUTUBRO, 2018

O Núcleo de Engenharia Organizacional (NEO) é um núcleo de pesquisa do Departamento de Engenharia de Produção e Transportes (DEPROT) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O grupo é composto por professores e pesquisadores que atuam no Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) desse departamento. O NEO-UFRGS combina ferramentas de engenharia de produção com teorias e abordagens de gestão estratégica e organizacional objetivando compreender as problemáticas organizacionais e desenvolver soluções práticas para as empresas. Assim, este grupo trabalha sobre o bloco temático da engenharia organizacional, auxiliando empresas na gestão do desenvolvimento de produtos, gestão da inovação, estratégia de operações e gestão da tecnologia, com destaque para digitalização e Indústria 4.0.

APOIO:



EQUIPE DO PROJETO:

Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos - ABIMAQ
Núcleo de Gestão da Inovação - NAGI

- . Hernane Kamiski Cauduro
- . João Alfredo Saraiva Delgado
- . Cléia Denize Goethel
- . Anita Dedding
- . Denis Borges
- . Murilo Lopes

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Núcleo de Engenharia Organizacional – NEO

- Prof. Alejandro Germán Frank
Diretor Executivo do NEO-UFRGS
- Prof. Néstor Fabián Ayala
Diretor de Projetos do NEO-UFRGS
- . Guilherme Brittes Benitez
- . Lucas Santos Dalenogare
- . Rafael Elter
- . Eduardo Isaia Casara

Empresas Participantes da pesquisa

AGCO	Indústrias Reunidas Colombo	Schneider Electric
AGRIMEC	Inventor	Schulz Compressores
Andritz Separation	Irmãos Fischer	Schumacher Industrial
Antares Acoplamentos	ITL Indústria de Tecnologia e	Siemens
Audaces	Máquinas	Sistemilk
Belton Automação Pneumática	Johnson Controls Hitachi	Solotest
Big Dutchman	Kampmann do Brasil	STAF
Bomag Marini Latin America	Kuhn Montana	Stara
Bosch Rexroth	Kuka Roboter do Brasil	Starrett
Busa Industrial e Comercial	LGMT	Steel Tanques
Casale Equipamentos	Mahindra do Brasil Industrial	Steute do Brasil
CBC Indústrias Pesadas	Masal	Stihl
Clamper	Mercedes Benz do Brasil	Thermoval
Comexi do Brasil	Metal Work Pneumática	Thyssenkrupp Autômata
Dacasa	Metalúrgica Golden Art's	Tigre
Digimed	Micromazza PMP	TMSA
Divimec	NB Máquinas	Toledo Do Brasil
DM Robótica	NHS	Tramontina
Eirich Industrial	Noeli Ehrhardt ME (Metal	Varpe Brasil
Engeteam	Marcos)	Veolia Brasil
Friotec	Palini & Alves	Vetro
Giben do Brasil	PHD Guindastes	Vulkan do Brasil
GSI Brasil	Phoenix Contact	Whirlpool
GTS do Brasil	Polimáquinas	Wika do Brasil
Guarany	Powermig Automação e Sol-	Willy Instrumentos
Heller Máquinas Operatrizes	dagem	XCMG Brasil
Hiab	Raesa Brasil	
Hyster Yale Brazil	Randon	
Hyva do Brasil Hidráulica	Rax Service	
IMAP	RMS Math	
IMSB	Robert Bosch (Campinas)	
Incomagri	Roboservice	
Industrial Pagé	Roster	
	Rurpumpen do Brasil	

Sumário



Novos caminhos: Indústria 4.0.....	5
Caracterização das empresas participantes.....	7
Objetivos com a Indústria 4.0.....	9
Expectativas do Cliente com a Indústria 4.0.....	10
Grau de Desenvolvimento das Bases Tecnológicas.....	11
Smart Manufacturing.....	12
Smart Working.....	15
Smart Supply Chain.....	17
Smart Products and Services.....	18
Barreiras para a Indústria 4.0.....	20
Facilitadores para a Indústria 4.0.....	21
Impressões e Conclusões sobre os Dados Levantados.....	22
Implicações Práticas para as Empresas do Setor.....	24

NOVOS DESAFIOS

INDÚSTRIA 4.0

O cenário industrial vem sofrendo mudanças. A Indústria 4.0 é considerada uma das principais tendências industriais atuais tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento. O termo refere-se à quarta revolução industrial, que prossegue revoluções tecnológicas anteriores como a introdução da máquina de vapor (1° Revolução), a introdução da eletricidade (2° Revolução), e a introdução dos sistemas de informação e automação industrial (3° Revolução). Neste novo estágio industrial, destaca-se a introdução da conectividade mediante a Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*). A IoT viabiliza a implementação de sistemas ciberfísicos – uma integração do mundo real com o mundo virtual – através da digitalização da fábrica e a introdução de sensores e componentes que permitem a comunicação entre equipamentos, objetos e pessoas. Dessa maneira, pode-se considerar que a Indústria 4.0 representa um novo patamar industrial, em que as empresas competirão a partir de uma base tecnológica digital, com manufatura e produtos inteligentes e conectados, alavancando novas formas de tratamento de dados e novas estratégias de negócio.

Um conceito mais abrangente. Indústria 4.0 e Manufatura Avançada são apresentados frequentemente como sinônimos. Porém, quando consideradas as demais tendências de transformação industrial, observa-se que o conceito de Indústria 4.0 é mais amplo. Pode-se dizer que este conceito compreende quatro principais dimensões de transformação empresarial, denominadas pelo NEO-UFRGS como os 4 Smarts da Indústria 4.0: (i) *Smart Manufacturing*, que considera as tecnologias emergentes para tornar a manufatura mais inteligente e avançada; (ii) *Smart Products and Services*, que considera a conectividade de produtos e serviços digitais possibilitando a comunicação e coleta de dados entre empresas e clientes; (iii) *Smart Working*, que considera novas tecnologias de suporte ao trabalho, tornando o trabalhador mais eficiente; e (iv) *Smart Supply Chain*, que considera a integração externa entre

os diferentes atores da cadeia de valor. Todas essas dimensões são consideradas parte da Indústria 4.0 quando suportadas pela Internet das Coisas e pelas tecnologias emergentes, dando conectividade e novas capacidades aos sistemas empresariais.

E no cenário brasileiro? Segundo a CNI¹, em 2016, menos da metade das empresas brasileiras estavam capacitadas e preparadas para as eventuais mudanças no mercado global impostas por esta nova revolução industrial. Corrobora essa informação o relatório da consultoria PwC², que aponta um baixo número de empresas brasileiras com nível avançado de digitalização em seus processos. Entretanto, apesar dessas limitações, os relatórios indicam que os empresários brasileiros estão otimistas em relação aos próximos passos, esperando maiores investimentos em tecnologias digitais para os próximos anos. Outro relatório, desenvolvido pelo NEO-UFRGS³, mostrou o potencial existente no estado do Rio Grande do Sul para empresas do setor de controle e automação desenvolverem soluções em Indústria 4.0. Nesse relatório destaca-se a necessidade de que o setor estabeleça parcerias com outras associações, tais como a Associação Brasileira de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ), a fim de complementar competências para o desenvolvimento de soluções conjuntas.

Junto aos desafios trazidos pela Indústria 4.0, as novas demandas e necessidades abrem oportunidades tanto para a implementação de tecnologias 4.0 quanto para o fornecimento de soluções associadas a esses conceitos. Nesse sentido, a pesquisa apresentada neste relatório objetiva entender a realidade das empresas que compõem a ABIMAQ, com especial destaque para empresas da região Sul, e identificar o potencial das mesmas para a implementação e/ou oferecimento de soluções 4.0. Com o maior conhecimento da situação destas empresas frente às atuais demandas tecnológicas, será possível propor estratégias que permitam aproveitar os benefícios dessa nova revolução industrial.



Método de pesquisa. A coleta de dados foi realizada mediante a aplicação de um questionário de diagnóstico elaborado pela equipe do NEO-UFRGS. Os elementos considerados no questionário (objetivos, tecnologias, barreiras e facilitadores) foram adaptados de pesquisas anteriores, tais como a pesquisa industrial da Confederação Nacional da Indústria (CNI), a Pesquisa de Inovação Industrial (PINTEC) do IBGE e do relatório de Indústria 4.0 para o APL de automação e controle da ABINEE, realizado pelo NEO-UFRGS. O questionário foi disponibilizado online, na plataforma SurveyMonkey®, e o link foi enviado pela própria ABIMAQ às empresas associadas. Obteve-se uma amostra de 90 empresas respondentes. Os dados foram analisados mediante técnicas estatísticas descritivas e de forma agregada, mantendo-se em sigilo a identificação das empresas na apresentação dos resultados. Por fim, a divulgação dos resultados divide-se em duas partes: um relatório geral para a ABIMAQ e um relatório individual que será enviado posteriormente a cada empresa participante. Neste último a empresa poderá visualizar sua posição específica dentro do benchmarking setorial.

¹ CONFEDERAÇÃO NACIONAL INDÚSTRIA. Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil. CNI, 2016.

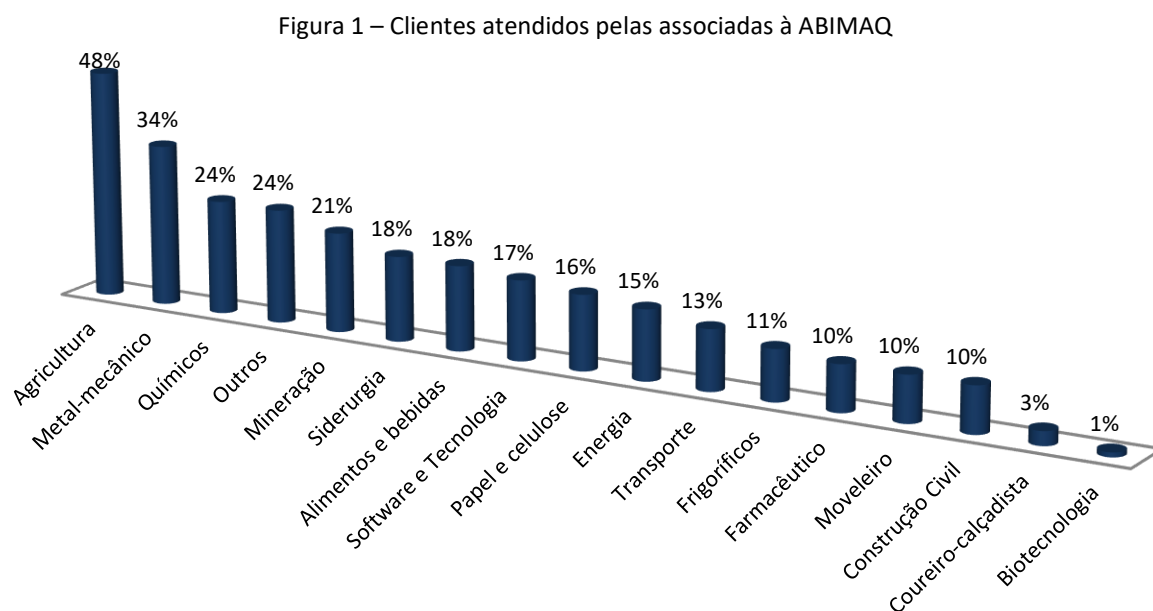
² PwC - VALINO, Ronaldo; SIMÕES, Sergio Alexandre; TOMASINI, Norberto. Indústria 4.0: Digitalização como vantagem competitiva no Brasil. Pricewaterhouse Coopers Brasil Ltda., 2016.

³ NEO – Núcleo de engenharia organizacional. Mapeamento do APL automação e control e – ABINEE. UFRGS, 2017. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/neo/wp-content/uploads/2017/12/Relat%C3%B3rio-Digital.pdf>.

CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS PARTICIPANTES

A Figura 1 apresenta a distribuição de clientes atendidos pelas empresas da ABIMAQ participantes desta pesquisa. São mais de 16 setores atendidos, com destaque para os setores de agricultura, metal-mecânico e químico. Nota-se que esses setores são alguns dos destacados em pesquisas prévias como potenciais 'consumidores' de soluções 4.0. O setor da agricultura tem mostrado um forte crescimento em tecnologias para agricultura de precisão, mediante a utilização de drones, equipamentos sensoreados e com controle remoto, entre outros. O setor metal-mecânico é um dos que mais tem se beneficiado com as tecnologias da Indústria 4.0, no gerenciamento do mix de produção em tempo real, na automatização de processos manuais, no rastreamento de produtos e materiais, na utilização

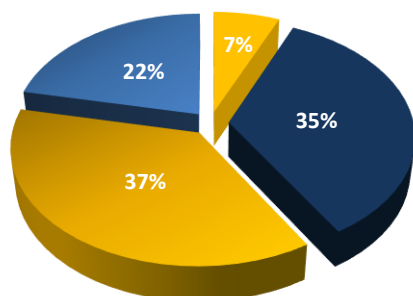
de tecnologias de manufatura aditiva, entre outros. Por fim, o setor químico tem se destacado pela crescente implementação de tecnologias voltadas para o sensoriamento de parâmetros que permitam um controle de processos contínuos e integrados, garantindo maior eficiência e melhorias na qualidade do processo. Esses são apenas alguns exemplos de segmentos que têm mostrado um crescente interesse pelos conceitos da Indústria 4.0. A Figura 1 aponta vários outros segmentos atendidos pela ABIMAQ e diversas tecnologias podem ser encontrados nesses segmentos que visam melhorar o desempenho industrial mediante diversas tecnologias da Indústria 4.0. No presente relatório será também analisado o perfil das empresas da ABIMAQ para atender às novas demandas desses clientes.



CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS PARTICIPANTES

Em relação ao tamanho das empresas que constituem a amostra dos participantes da ABIMAQ, na Figura 2 observa-se um equilíbrio entre as empresas pequenas (35%), médias (37%) e grandes (22%), sendo somente 7% microempresas. Essa distribuição uniforme permitiu realizar comparações do perfil de implementação das tecnologias para a Indústria 4.0 por tamanho de empresa, conforme será apresentado mais adiante neste relatório.

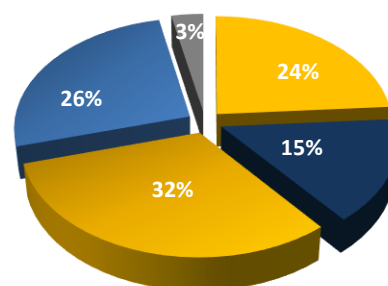
Figura 2 – Porte das empresas da ABIMAQ



- Micro: com até 19 funcionários
- Pequena: de 20 a 99 funcionários
- Média: de 100 a 499 funcionários
- Grande: 500 funcionários ou mais

A primeira pergunta do questionário levantou o grau de interesse das empresas da ABIMAQ no conceito da Indústria 4.0, conforme se apresenta na Figura 3. Apenas 3% das empresas respondentes não estão interessadas em investimentos referentes ao novo patamar industrial. Destaca-se o fato de 15% das empresas já estarem realizando investimentos em projetos pilotos sobre os novos conceitos da Indústria 4.0 e 24% das empresas manifestarem um total engajamento com investimentos concretos em tecnologias da Indústria 4.0.

Figura 3 – Interesse na Indústria 4.0



- Sim, totalmente engajados com investimentos concretos em tecnologias 4.0
- Sim, com desenvolvimento de algum(s) projeto(s) piloto(s) de implantação de tecnologias 4.0
- Sim, atualizados sobre os conceitos da Indústria 4.0
- Sim, mas sem conhecimentos sobre os conceitos da Indústria 4.0
- Não

OBJETIVOS DAS EMPRESAS COM A INDÚSTRIA 4.0

A segunda pergunta do questionário levantou os objetivos que as empresas da ABIMAQ desejam alcançar com a implementação dos conceitos da Indústria 4.0, conforme se apresenta na Figura 4. Nessa figura, observa-se que o perfil de prioridades da média geral e da subamostra das empresas gaúchas é similar, tendo como maior destaque o objetivo de redução de custos e de aumento da produtividade e qualidade, seguindo as prioridades da indústria nacional conforme indicado no levantamento realizado pela CNI em 2016.

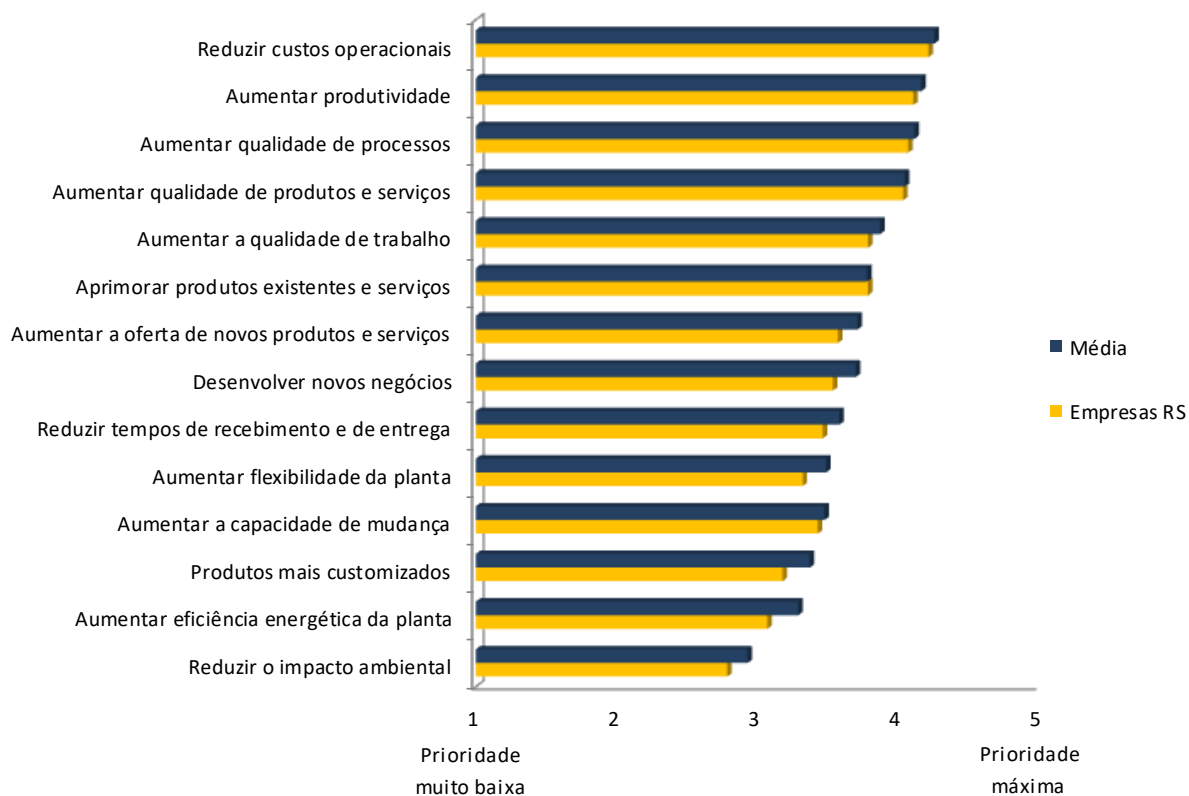
Considerando os objetivos menos prioritários, destaca-se que os aspectos relacionados à sustentabilidade ambiental (eficiência energética e redução de impacto ambiental) apresentam médias abaixo do ponto médio da escala de prioridades.

A flexibilidade da planta e a capacidade de customização também se apresentam como objetivos com prioridade relativamente baixa. Isto

chama a atenção por se tratar de um setor voltado para o mercado para implementações industriais em que economias de escala podem não ser o principal foco das empresas e adaptações dos produtos podem ser um requisito importante para vários tipos de clientes que o setor atende.

Ainda, destaca-se o potencial de desenvolvimento de novos negócios como um objetivo de baixa prioridade para as empresas. Estudos sobre Indústria 4.0 ressaltam que mediante a capacidade de coleta de dados dos produtos oferecidos, assim como pelo desenvolvimento de novos serviços relacionados aos mesmos, a Indústria 4.0 pode trazer novas oportunidades de negócio. Contudo, os resultados desta pesquisa apontam que, na média geral, as empresas da ABIMAQ atualmente preocupam-se mais com a melhoria da produção, sendo este o principal foco da Indústria 4.0.

Figura 4 - Objetivos esperados pelas empresas da ABIMAQ com relação à Indústria 4.0



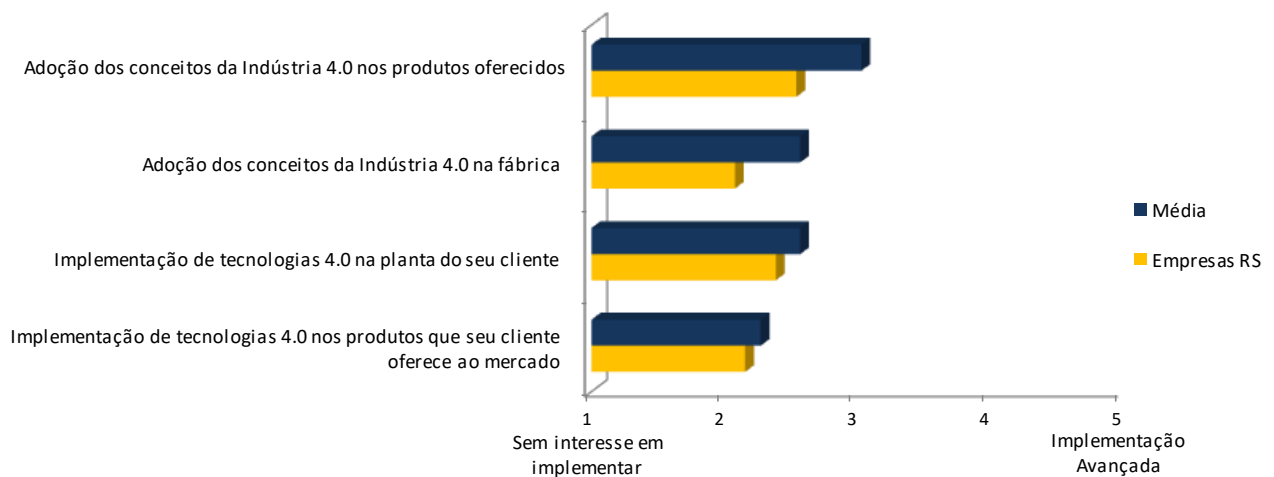
EXPECTATIVAS DOS CLIENTES SOBRE A INDÚSTRIA 4.0

O seguinte aspecto avaliado considerou a expectativa dos clientes das empresas da ABIMAQ quanto à implementação dos conceitos da Indústria 4.0 (Figura 5), com o objetivo de compreender se o interesse das empresas da ABIMAQ pela Indústria 4.0 se deve às demandas dos próprios clientes. Ao comparar a Figura 5 com a Figura 4, em que foram apresentados os objetivos das empresas, pode-se afirmar que o maior interesse pela Indústria 4.0 provem de necessidades internas da fábrica ao invés do mercado. Isso é evidenciado pelo fato de todos os aspectos do cli-

ente estarem abaixo do ponto de intensidade moderada (escala 3) na Figura 5, predominantemente como pouco relevante.

A expectativa do cliente que ganha maior destaque é a que considera o desenvolvimento de *Smart Products* por parte das empresas da ABIMAQ. Assim sendo, a demanda da Indústria 4.0 por parte dos clientes pode-se apresentar na forma de máquinas e equipamentos com conectividade, capazes de coletar e armazenar dados que permitam, por exemplo, análises preventivas e preditivas.

Figura 5 – Expectativas dos clientes das empresas da ABIMAQ sobre a Indústria 4.0



GRAU DE DESENVOLVIMENTO DAS BASES TECNOLÓGICAS

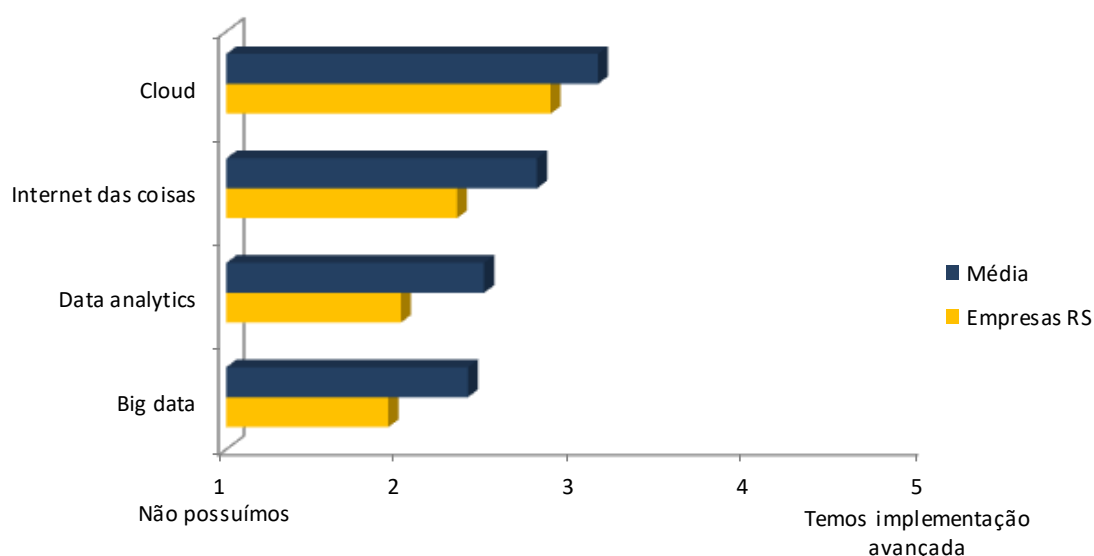
As bases tecnológicas representam os conceitos diferenciais da Indústria 4.0 quando comparada à automação clássica ou Indústria 3.0. As bases tecnológicas são compostas por quatro conceitos que apresentam uma implementação progressiva. Primeiramente a Internet das Coisas (*IoT*) permite a conectividade dos equipamentos. Os serviços em nuvem (*Cloud*) permitem o armazenamento de dados em bases remotas. Como consequência da conectividade e armazenamento na nuvem, tem-se a possibilidade de criar grandes bases de dados (*Big Data*) e finalmente realizar uma análise estruturada dos mesmos (*Data Analytics*) visando identificar padrões de comportamento e relações entre variáveis que signifiquem uma vantagem competitiva.

Na Figura 6, apresenta-se o perfil do nível de implementação dessas quatro tecnologias

base da Indústria 4.0 nas empresas da ABIMAQ. Observa-se que a base tecnológica mais implementada é o *Cloud*. Dado que os sistemas *IoT* apresentam a segunda colocação, conclui-se que os sistemas em nuvem não estão necessariamente integrados aos equipamentos, sendo possível de que se trate apenas do uso de servidores remotos para o armazenamento de dados ou de *softwares online*.

Chama também a atenção o fato de *Big Data* apresentar menos implementação que as técnicas de *analytics*. Isso pode indicar que os tipos de dados analisados e, conseqüentemente, as técnicas analíticas empregadas tendem a ser menos complexas do que as empregadas pela Indústria 4.0, as quais geralmente são combinadas com a estruturação de *Big Data*.

Figura 6 – Implementação das Bases Tecnológicas nas indústrias da ABIMAQ



INDÚSTRIA 4.0

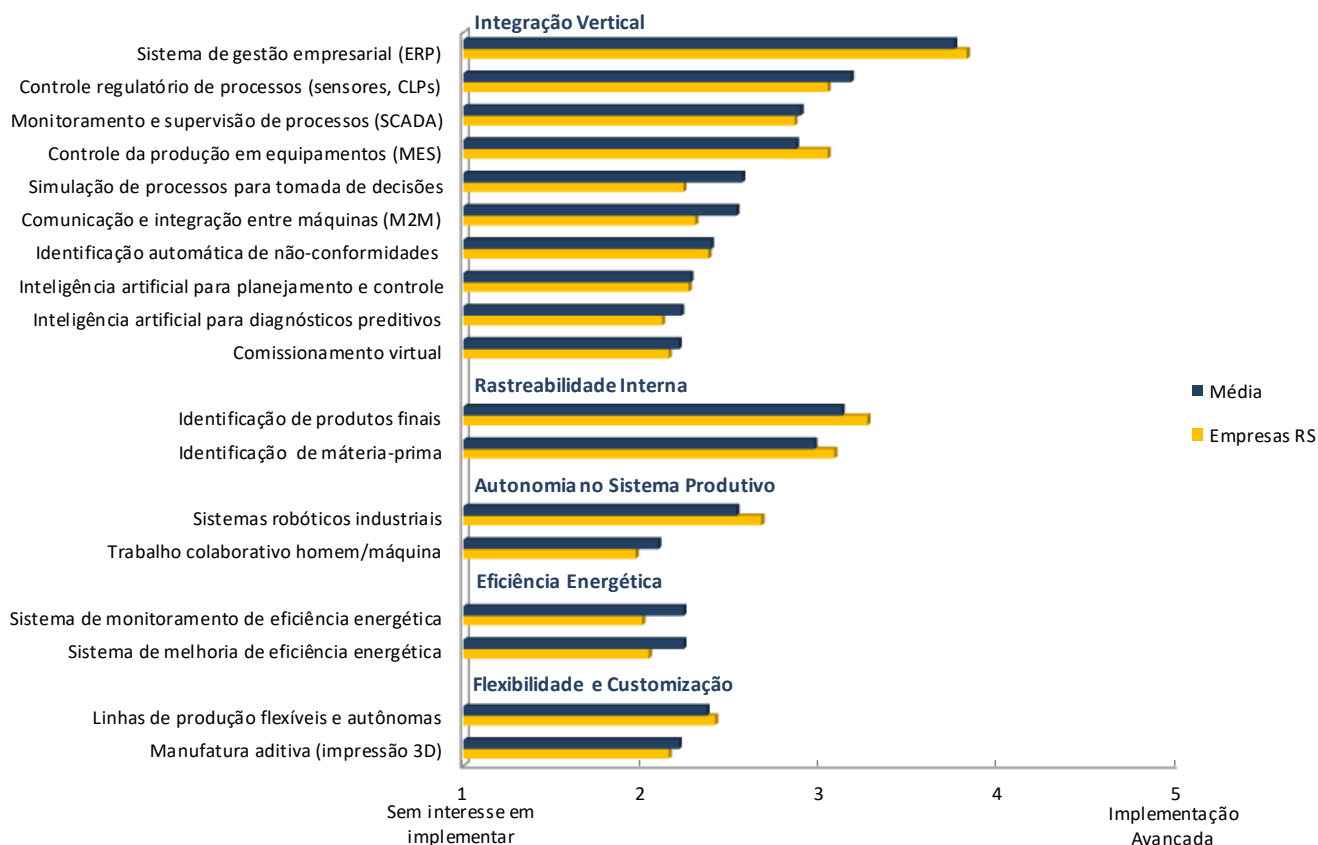
SMART MANUFACTURING

Em relação às dimensões da Indústria 4.0, a primeira é *Smart Manufacturing* ou manufatura avançada. Esta dimensão central da Indústria 4.0 contempla o conjunto de tecnologias focadas nos aspectos internos da fábrica, a partir de cinco princípios: (i) *integração vertical*, que consiste na comunicação e integração de dados dos equipamentos com os diferentes níveis operacionais; (ii) *rastreabilidade interna*, que considera a capacidade de identificar e acompanhar materiais e itens de produtos ao longo do processo produtivo; (iii) *autonomia do sistema produtivo*, que contempla a automação do trabalho mediante robôs e interface digital com o trabalho humano; (iv) *eficiência energética*, que considera a redução do consumo de energia da planta; e (v) *flexibilidade e customização*, que compreende tecnologias que viabilizam a produção de um mix mais

variado de produtos e mais adaptado às necessidades pontuais de cada cliente.

A Figura 7 apresenta os resultados para os princípios da *Smart Manufacturing*. Observa-se que o gerenciamento integrado com os sistemas de manufatura (ERP) foi a implementação que mais se destacou na integração vertical, sendo que a média da subamostra das empresas gaúchas foi superior à média geral. As aplicações para controle regulatório de processos e monitoramento, assim como rastreabilidade interna também tiveram destaque. Os conceitos menos implementados do *Smart Manufacturing* dentro da ABIMAQ foram os relacionados com a inteligência artificial, trabalho colaborativo homem-máquina e consumo de energia. Isso pode ser ocasionado pelo fato de tais tecnologias serem mais inovadoras, mais custosas e de maior dificuldade de implementação.

Figura 7 – Grau de implementação de *Smart Manufacturing* nas empresas da ABIMAQ



INDÚSTRIA 4.0

SMART MANUFACTURING

Além da análise descritiva das tecnologias do *Smart Manufacturing*, foi realizada uma análise de agrupamentos cujo propósito foi organizar as empresas da amostra por características similares em relação ao nível de adoção dessas práticas (a análise foi realizada utilizando o método de agrupamento hierárquico seguido do método não hierárquico *K-means*).

A Tabela 1 apresenta o resultado desses agrupamentos, na qual três grupos principais podem ser destacados, um com baixa adoção, outro de adoção moderada e um último de adoção avançada dos conceitos de *Smart Manufacturing*. Os resultados da Tabela 1 mostram que o padrão de adoção das *Smart Manufacturing* na ABIMAQ

é dividido de acordo com os níveis de implementação de todas as tecnologias. Em outras palavras, poderia se esperar que alguns desses clusters empresariais mostrassem alta implementação de um tipo de tecnologia, enquanto que outros clusters mostrassem alta implementação de outro tipo de tecnologias, mas isso não aconteceu. Os resultados mostram que as empresas realizam uma implementação progressiva de todas as tecnologias consideradas, com exceção das linhas de produção flexíveis, que não apresentaram diferenças entre os grupos. Portanto, pode-se concluir que as tecnologias de *Smart Manufacturing* são complementares e não substitutivas, ao passo que as empresas se tornam mais maduras.

Tabela 1 – Agrupamento das empresas pelo grau de implementação de *Smart Manufacturing*

Tecnologias para Smart Manufacturing	Cluster 1 Adoção baixa	Cluster 2 Adoção moderada	Cluster 3 Adoção alta
Controle regulatório de processos (ex.: sensores, atuadores, CLPs ...)	2,36	3,55	4,6
Sistemas de gerenciamento de processos empresariais (por ex. ERP)	3,20	4,06	4,53
Controle da produção integrado com equipamentos (MES)	2,14	3,39	4,33
Monitoramento, controle e supervisão de processos (SCADA)	2,32	3,21	4,07
Sistema de monitoramento de eficiência energética	1,75	2,15	4,07
Sistema de melhoria de eficiência energética	1,77	2,15	4,07
Identificação e rastreabilidade de componentes de produtos finais	2,32	3,64	4,00
Identificação e rastreabilidade de matéria-prima	2,18	3,52	4,00
Simulação de Processos (e.g. manufatura digital)	2,20	2,73	4,00
Comunicação e integração entre máquinas (M2M)	1,80	2,79	3,93
Sistemas robóticos industriais	1,80	2,94	3,80
Inteligência artificial para planejamento e controle da produção	1,77	2,70	3,40
Comissionamento virtual	1,73	2,39	3,33
Inteligência artificial para diagnósticos preditivos em equipamentos	1,68	2,42	3,33
Identificação automática de não-conformidades na produção	1,95	2,55	3,27
Manufatura aditiva (impressão 3D)	1,80	2,48	2,6
Linhas de produção flexíveis e autônomas	2,00	2,45	2,53
Número de empresas	47%	36%	20%
Empresas de pequeno porte	63,60%	21,20%	6,70%
Empresas de médio porte	22,70%	54,50%	20,00%
Empresas de grande porte	13,60%	24,20%	73,30%

Ainda, a Tabela 1 apresenta três níveis de tecnologias, independentes do nível de adoção dos clusters. Isso pode ser visto na classificação apresentada em escala de cinzas. A primeira categoria - representada com cor cinza claro - é composta por tecnologias de maior facilidade de implementação e que, ao mesmo tempo, têm um grau de implementação alto ou avançado. O conjunto tradicional de tecnologias para integração vertical é o líder nas tecnologias de fabricação inteligentes: Sensores / PLCs + SCADA + MES + ERP. Seguidas por tecnologias para eficiência energética e rastreabilidade. A segunda categoria de tecnologias - destacada na cor cinza intermediária - é composta pelas tecnologias voltadas para

a virtualização da fábrica e automação do processo decisório. Por fim, em cinza escuro, se apresentam as tecnologias de maior dificuldade de implementação e, portanto, menos implementadas, independentemente do nível de maturidade dos clusters.

Ainda na Tabela 1, destaca-se que as composições dos três clusters estão claramente diferenciadas pelo tamanho das empresas. Empresas pequenas tendem a apresentar um baixo grau de adoção das tecnologias 4.0 enquanto que as grandes empresas são as que mais implementam. Esta distribuição é corroborada por estudos anteriores que indicam a presença de maiores barreiras à Indústria 4.0 em empresas de menor porte.

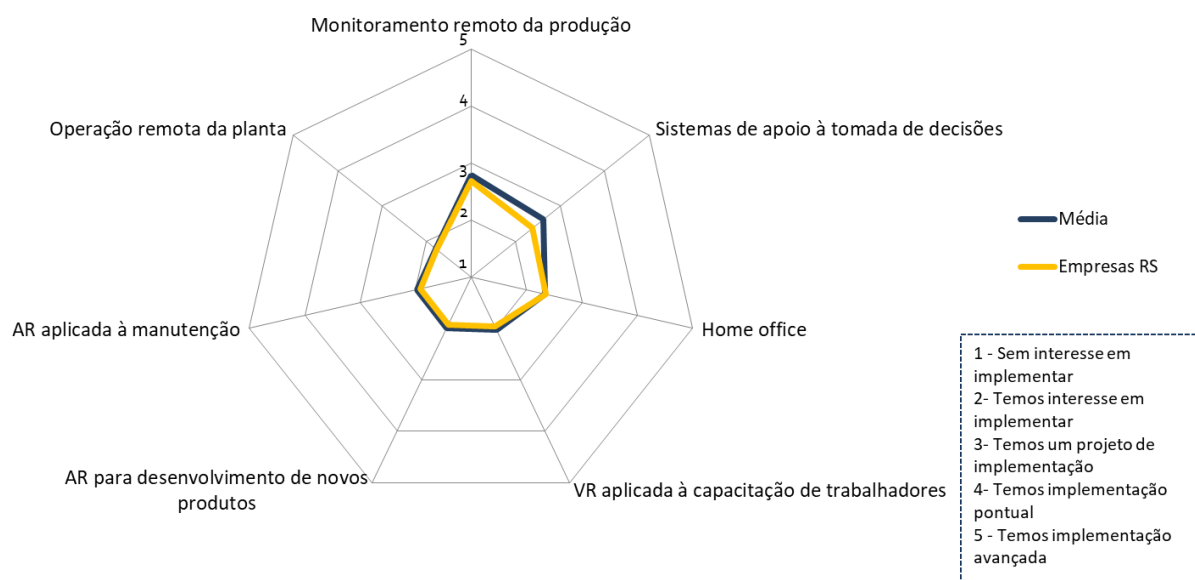
INDÚSTRIA 4.0

SMART WORKING

A segunda dimensão da Indústria 4.0 corresponde ao *Smart Working* ou trabalho inteligente. O *Smart Working* considera as tecnologias da Indústria 4.0 que cumprem a função de auxiliar o trabalhador de maneira que este se torne mais produtivo. Incluem-se aqui tecnologias de Realidade Virtual (VR) e de Realidade Aumentada (AR), assim como tecnologias para tomada de decisões e monitoramento e operação remota. Também foi incluído o modelo home-office como uma opção complementar ao controle remoto, uma vez que esse último apresenta um novo conceito de trabalho, sem obrigatoriedade de pre-

sença in loco. Conforme os resultados apresentados na Figura 8, o nível de implementação dos conceitos do *Smart Working* ainda é baixo nas empresas da ABIMAQ, sendo que a média geral está somente no nível de interesse na implementação, mas com poucas ações concretas sobre esse tipo de tecnologia. O fato de haver um baixo monitoramento remoto das operações da planta também indica que a integração de informações das plantas (integração vertical) ainda não está consolidada, sendo necessária primeiramente uma maior maturidade em *Smart Manufacturing* antes de se avançar neste segundo aspecto.

Figura 8 – Grau de implementação de *Smart Working* nas empresas da ABIMAQ



Ao diferenciar as empresas pelos clusters definidos na Tabela 1 (isto é, cluster definido a partir do grau de avanço na implementação de tecnologias de manufatura), tem-se uma diferença quanto ao perfil da adoção das práticas e tecnologias de *Smart Working* (Tabela 2). Nessa tabela se observa que empresas que possuem práticas avançadas de *Smart Manufacturing*, também avançam mais na implementação do *Smart Working* (Cluster 3). Nesse cluster destacam-se as tecnologias ‘Monitoramento remoto da produção em tempo real’ e ‘Sistemas de apoio

à tomada de decisões (ex.: *Business Intelligence*)’. A primeira possui forte implementação no grupo avançado de *Smart Manufacturing* (93%), sugerindo, dessa forma, que um dos principais focos de implementação de *Smart Manufacturing* é permitir o controle remoto em tempo real das operações da planta. A segunda tecnologia indica o propósito de auxílio ao trabalhador para que este possua uma maior clareza sobre o funcionamento dos processos produtivos, com painéis de informações em tempo real em que seja possível visualizar os principais parâmetros dos processos.

Tabela 2 – Análise da implementação do *Smart Working* em base aos clusters de maturidade em *Smart Manufacturing*

Tecnologias <i>Smart Working</i>	Adoção	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
		Adoção baixa	Adoção moderada	Adoção alta
Monitoramento remoto da produção em tempo real	Sim	9%	39%	93%
	Não	91%	61%	7%
Sistemas de apoio à tomada de decisões	Sim	2%	9%	67%
	Não	98%	91%	33%
Operação remota da planta	Sim	5%	3%	40%
	Não	95%	97%	60%
Realidade aumentada aplicada à manutenção	Sim	0%	6%	27%
	Não	100%	94%	73%
Realidade virtual aplicada à capacitação de trabalhadores	Sim	0%	6%	27%
	Não	100%	94%	73%
Realidade aumentada/virtual para desenvolvimento de novos produtos	Sim	2%	6%	33%
	Não	98%	94%	67%

INDÚSTRIA 4.0

SMART SUPPLY CHAIN

A terceira dimensão é definida como *Smart Supply Chain* e considera tecnologias de comunicação e integração de informações na cadeia de suprimentos. A *Smart Supply Chain* visa o trabalho integrado em tempo real das operações logísticas da empresa tanto com fornecedores como distribuidores e outras unidades da empresa, a fim de melhorar tempos de entrega, previsão de demandas e outros fatores que afetem os custos logísticos.

Observando as médias gerais e das empresas gaúchas (Figura 9), nota-se que esta dimensão é uma das menos avançadas dentro do grupo

de empresas da ABIMAQ, indicando pouca integração com a cadeia de suprimentos suportada por tecnologias e conectividade. Isso se reforça quando se observam os resultados da Tabela 3, em que as mesmas tecnologias são analisadas pelos agrupamentos definidos anteriormente em *Smart Manufacturing* (Tabela 1). Aquelas empresas que mais investem em tecnologias de manufatura (Cluster 3) ainda assim possuem, em média, baixa integração com a cadeia de suprimentos. Somente no aspecto de integração com outras unidades da empresa e parceiros houve uma implementação significativa de tecnologias para *Smart Supply Chain*.

Figura 9 – Grau de implementação de *Smart Supply Chain* nas empresas da ABIMAQ

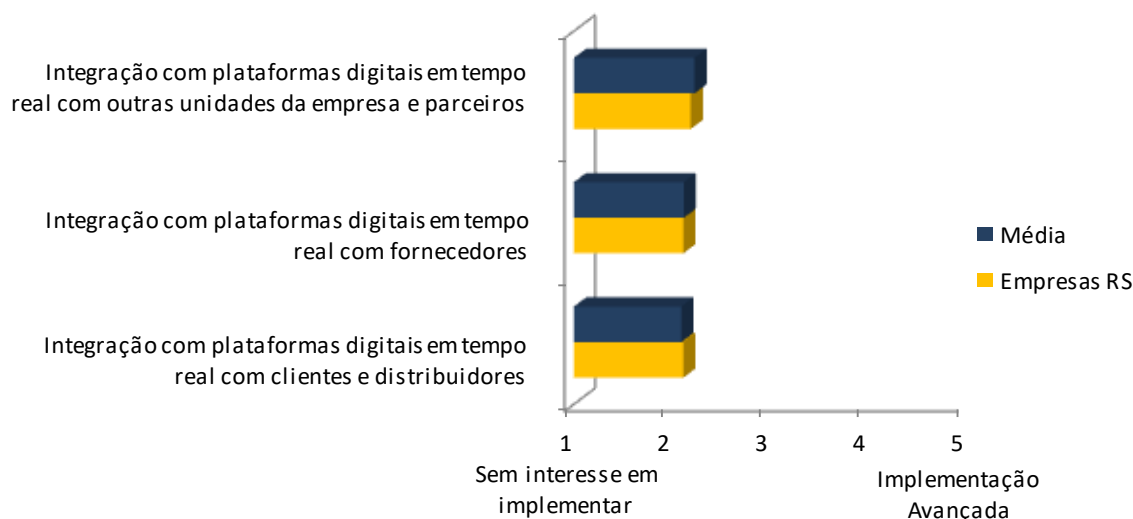


Tabela 3 – Análise da *Smart Supply Chain* em base aos clusters de maturidade em *Smart Manufacturing*

Tecnologias <i>Smart Supply Chain</i>	Adoção	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
		Adoção baixa	Adoção moderada	Adoção alta
Integração com plataformas digitais em tempo real com fornecedores (upstream)	Sim	7%	9%	33%
	Não	93%	91%	67%
Integração com plataformas digitais em tempo real com clientes e distribuidores (downstream)	Sim	5%	9%	33%
	Não	95%	91%	67%
Integração com plataformas digitais em tempo real com outras unidades da empresa e parceiros	Sim	9%	21%	53%
	Não	91%	79%	47%

INDÚSTRIA 4.0

SMART PRODUCTS AND SERVICES

A última dimensão analisada trata dos *Smart Products and Services*. Esta dimensão considera produtos que possuem conectividade, permitindo oferecer serviços adicionais ao cliente e coletar informações relevantes para a manufatura e engenharia da empresa. Na presente pesquisa, foram levantadas várias informações sobre esta dimensão, algumas relacionadas às tecnologias e outras aos novos modelos de negócio relacionados aos conceitos.

Primeiramente, na Figura 10 se apresentam os resultados das médias gerais e das empresas gaúchas para o tipo de solução oferecida nos *Smart Products*. Observa-se que o nível de implementação está relacionado com o nível de complexidade da solução. Isto é, soluções mais avançadas como otimização baseada em diag-

nósticos preditivos ou autonomia de equipamentos são as menos implementadas, enquanto que monitoramento e controle de equipamentos são os mais implementados. Mesmo assim, destaca-se que essas soluções estão predominantemente por baixo da linha média de implementação ($\leq 3,00$).

Na Tabela 4 se apresentam essas tecnologias divididas pelos clusters de empresas com diferentes maturidades de tecnologias de manufatura (a partir da Tabela 1). Observa-se que no Cluster 3, composto por empresas com um nível maior de *Smart Manufacturing*, há também uma predominância de produtos com capacidade de conectividade e monitoramento.

Figura 10 - Desenvolvimento de máquinas/equipamentos que possuam conectividade

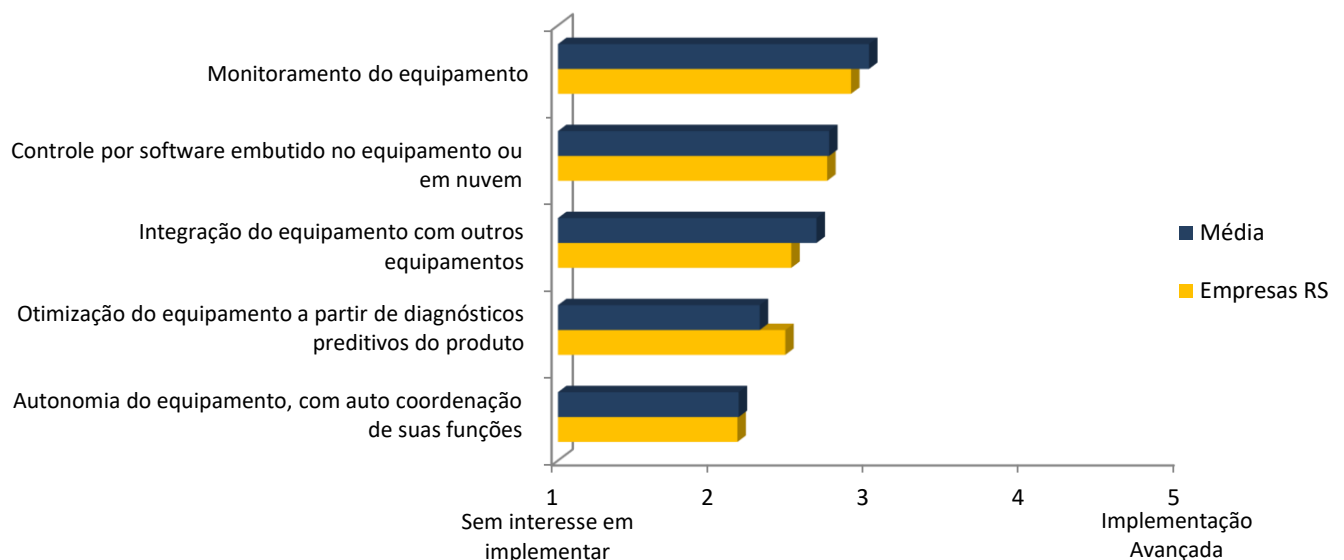


Tabela 4 - Análise dos *Smart Products* em base aos clusters de maturidade em *Smart Manufacturing*

Tecnologias <i>Smart Products</i>	Adoção	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
		Adoção baixa	Adoção moderada	Adoção alta
Smart products com capacidade de conectividade	Sim	14%	36%	73%
	Não	86%	64%	27%
Smart products com capacidade de monitoramento	Sim	20%	45%	67%
	Não	80%	55%	33%
Smart products com capacidade de controle	Sim	23%	39%	67%
	Não	77%	61%	33%
Smart products com capacidade de otimização	Sim	7%	18%	53%
	Não	93%	82%	47%
Smart products com capacidade de autonomia	Sim	7%	6%	53%
	Não	93%	94%	47%

Além disso, foi investigado qual tipo de serviços as empresas da ABIMAQ oferecem conjuntamente com seus produtos para agregar valor aos clientes (Figura 11), e o grau de digitalização desses serviços conforme as tendências de

serviços digitais dentro da Indústria 4.0 (Figura 12). Conforme se observa nessas duas figuras, o grau de inovação em serviços ainda é baixo na associação, sendo a maioria voltados para serviços presenciais e de funcionamento do produto.

Figura 11 – Oferta de serviços ao cliente

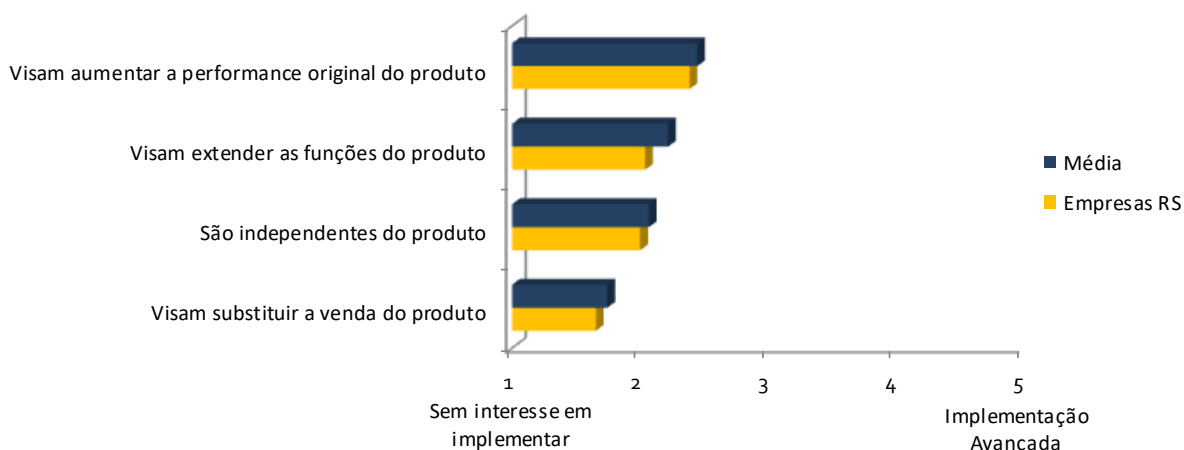
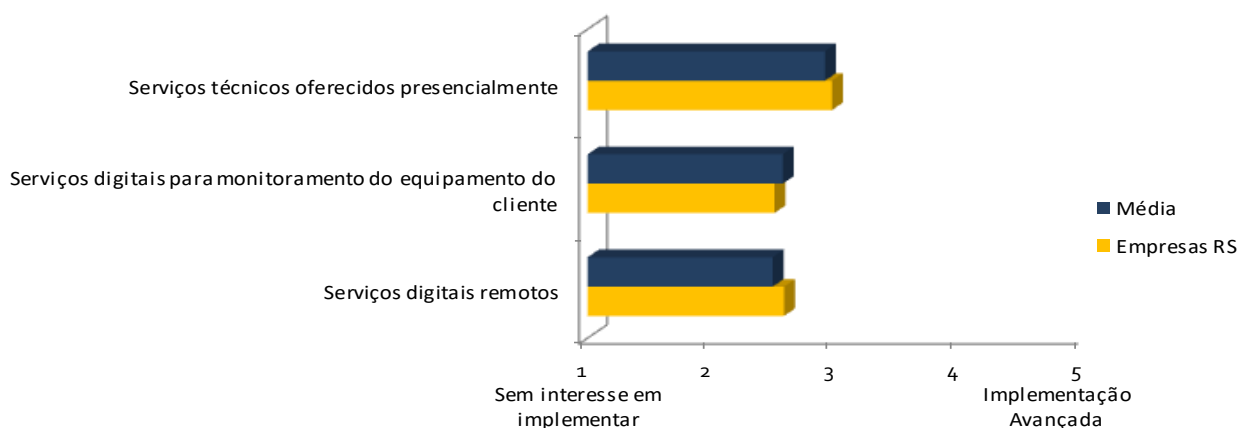


Figura 12 – Grau de digitalização dos serviços oferecidos



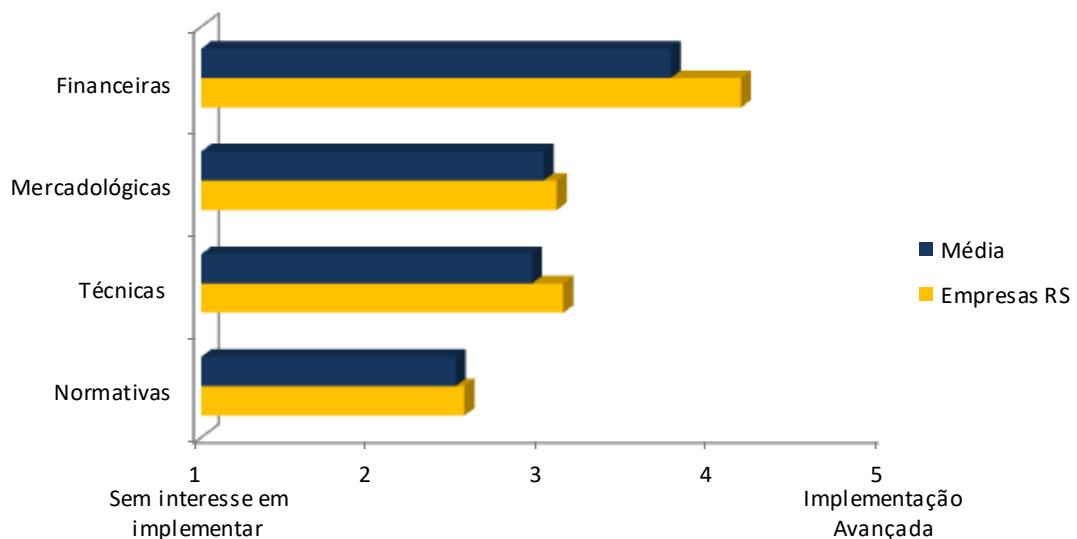
BARREIRAS PARA A INDÚSTRIA 4.0

Na Figura 13 se observa que as principais barreiras para as empresas da ABIMAQ correspondem às barreiras financeiras. Nos tempos de crise, as empresas se encontram em um momento de austeridade, em que os investimentos são realizados em itens de baixo risco, buscando ganhos de curto prazo. Dados os riscos do negócio no cenário adverso, os empresários não conseguem mensurar claramente os benefícios financeiros da implantação das tecnologias da Indústria 4.0, como por exemplo, o retorno da utilização dos dados obtidos (*Big Data*). Por isso, os elevados custos associados às tecnologias da In-

dústria 4.0 são considerados altamente impeditivos, conforme também se observou em diversas visitas e entrevistas a empresas da associação. Destaca-se que na subamostra do estado do Rio Grande do Sul esta dificuldade foi verificada acima da média geral das empresas do setor, como também nas demais barreiras.

Aspectos mercadológicos e técnicos foram avaliados de forma muito similar entre os entrevistados, como sendo barreiras de nível médio para a implementação da Indústria 4.0 no setor. Por último, a barreira menos impeditiva foi a relacionada a aspectos normativos.

Figura 13 – Possíveis barreiras para a Indústria 4.0 para as empresas da ABIMAQ



FACILITADORES PARA A INDÚSTRIA 4.0

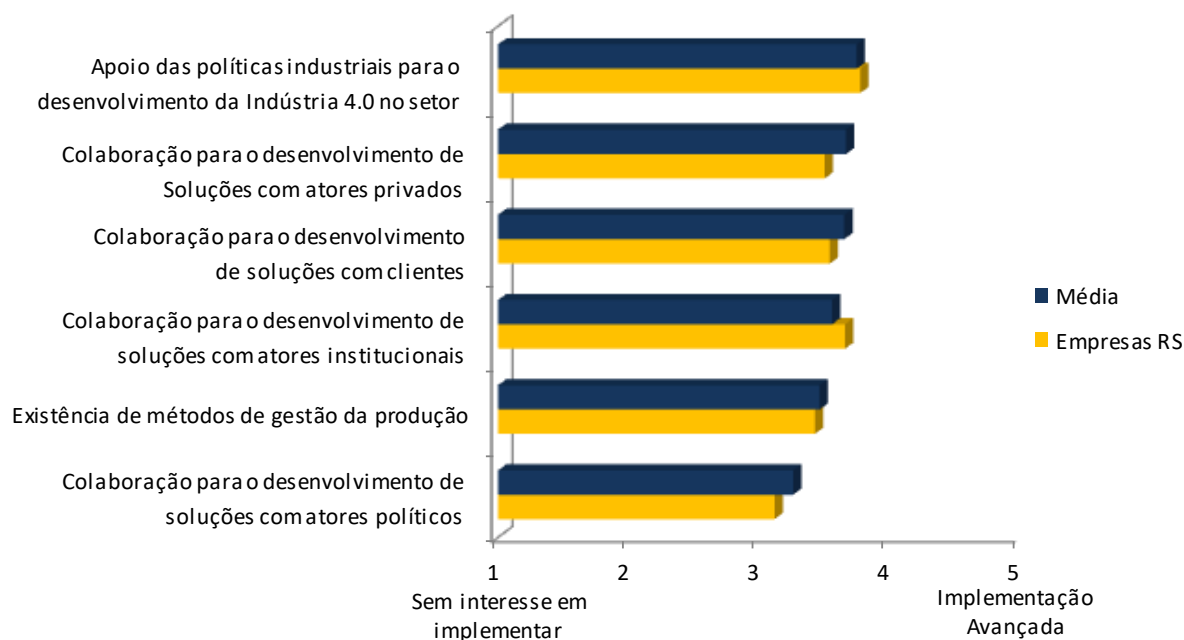
A Figura 14 apresenta uma análise dos principais fatores facilitadores da implantação dos conceitos da Indústria 4.0 de acordo com a percepção das empresas participantes. Os resultados foram muito similares para os diferentes itens avaliados, sendo o mais destacado, na visão das empresas, a importância do apoio de políticas industriais focalizadas no desenvolvimento da Indústria 4.0 com foco no setor de máquinas e equipamentos.

Chama a atenção o pouco destaque que teve a existência de métodos de gestão da produção antes da implantação dos conceitos da Indústria 4.0. A literatura sobre o tema destaca a

importância de a empresa se focar primeiramente na implantação e consolidação de um sistema de gestão da produção eficiente antes do investimento em tecnologias.

Por outro lado, observa-se que, para as empresas gaúchas, a relevância da colaboração com atores institucionais para o desenvolvimento conjunto de soluções para a Indústria 4.0 foi superior à média geral. Isto pode indicar uma atuação maior desses atores institucionais na região sul quando comparados com a média geral, levando a um maior valor percebido pelas empresas.

Figura 14 – Possíveis facilitadores da Indústria 4.0 de acordo com as empresas da ABIMAQ



IMPRESSÕES E CONCLUSÕES

SOBRE OS DADOS LEVANTADOS

Visão sistêmica sobre a Indústria 4.0. Na Figura 15 pode-se visualizar um resumo de todos os resultados apresentados neste relatório. Essa figura mostra o grau de dificuldade de implantação dos diferentes conceitos da Indústria 4.0 para o setor, conforme levantado nesta pesquisa. Cada uma das 4 dimensões da Indústria 4.0 foi separada em três grandes etapas. A primeira etapa apresenta as tecnologias que estão mais implementadas nessas empresas. A segunda e a terceira apresentam tecnologias mais difíceis de serem implementadas, que somente as empresas mais avançadas possuem.

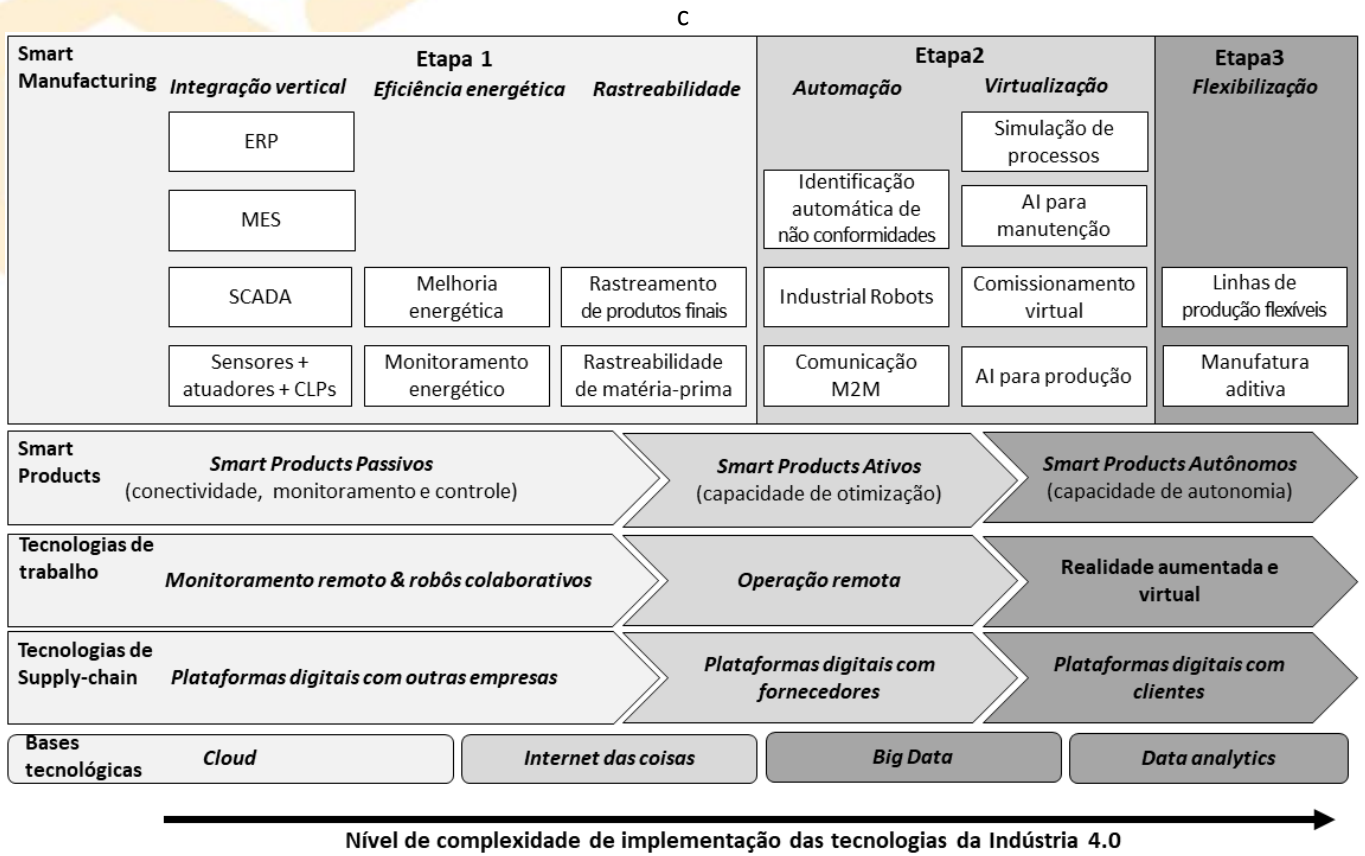
Os pontos mais críticos. Observou-se na pesquisa que há dimensões notoriamente menos desenvolvidas nas empresas. Destacam-se as tecnologias de integração com a cadeia de suprimento (*Smart Supply Chain*) e as tecnologias para produtos conectados (*Smart Products*). Quanto às dimensões *Smart Manufacturing* e *Smart Working*, estas estão avançando nas empresas, sendo que a mais desenvolvida é a *Smart Manufacturing*, que considera tecnologias especificamente para a manufatura. Contudo, nesta dimensão só um grupo específico de empresas se caracterizou como avançado (20% das empresas), existindo ainda muito campo para consolidação das tecnologias de manufatura.

A forma progressiva de implementação das tecnologias parece ser lógica e consistente. Primeiramente, seria interessante realizar a integração dos sistemas e, após, focar em inteligência artificial e outras técnicas analíticas, conforme o resultado da pesquisa. Os dados corroboram essa lógica, uma vez que o foco primário dessas empresas tem sido a integração entre sensores, SCADA, MES e ERP, para posteriormente avançar em outras frentes.

Alinhamento estratégico. Um ponto importante a ser destacado é o objetivo da implementação da Indústria 4.0. A flexibilidade operacional se apresentou como um objetivo pouco relevante para as empresas. Não está claro se as empresas não atribuíram importância pelo fato de se tratar de algo que implica mudanças significativas no sistema produtivo atual ou se estas não enxergam isto como um requisito importante para a manufatura. Em uma indústria que cada vez mais demanda adaptações customizadas, maiores *mix* de produtos e atendimento a segmentos mais diversificados do mercado, este elemento pode ser fundamental, sendo que as tecnologias da Indústria 4.0 poderiam suportar tal necessidade, além dos já destacados aumentos de produtividade e redução de custos. Quanto a este último objetivo, dependendo do tipo de tecnologia, o custo operacional pode ser reduzido, mas envolve um alto investimento inicial, sendo outro ponto que precisa de considerações particulares. Por isso, enfatiza-se a necessidade de analisar estrategicamente o objetivo que se deseja alcançar e a forma como este se desenvolverá a partir dos 4 *smarts* da Indústria 4.0.

Oportunidades. Por fim, destaca-se que as áreas que mais vem crescendo mundialmente no setor de equipamentos industriais dentro da Indústria 4.0 são as relacionadas aos produtos conectados e novos modelos de negócio baseados em serviços complementares com forte enfoque digital. Este é aspecto ainda pouco explorado pelas empresas participantes, existindo aqui um novo campo de exploração de soluções para o futuro do setor.

Figura 15 – Níveis de implementação de tecnologias 4.0 nas empresas da ABIMAQ



Fonte: NEO-UFRGS (2018)

IMPLICAÇÕES PRÁTICAS PARA AS EMPRESAS DO SETOR

A partir das conclusões acima apresentadas, destacam-se de forma breve alguns caminhos que as empresas da ABIMAQ podem explorar para o futuro da Indústria 4.0 na região:

a) Focalizar em serviços e não somente em produtos para a Indústria 4.0. Trata-se de um setor que atua predominantemente no mercado industrial, em que outras empresas que adquirem as máquinas e equipamentos possuem diversas necessidades associadas a esses produtos. Portanto, uma forma importante de agregação de valor ao negócio dessas empresas, de modo geral, é mediante o desenvolvimento de serviços adicionais relacionados aos produtos (máquinas e equipamentos) oferecidos. A inclusão de plataformas digitais para a entrega de serviços é uma área de crescimento mundial pouco explorada atualmente pelo setor.

b) Explorar comercialmente a expertise interna. Algumas empresas da ABIMAQ apontam possuir elevado conhecimento sobre determinadas tecnologias, mas não o traduzem em soluções (por ex. *cloud computing*, *Big Data*, etc.). Essas áreas indicam potenciais novos negócios a serem explorados pelas empresas.

c) Avançar progressivamente com um modelo de Indústria 4.0 próprio. O caminho de implantação das soluções da Indústria 4.0 dependerá dos objetivos estratégicos que a empresa persegue. É fundamental começar a análise desses objetivos e, assim, avançar para a configuração tecnológica mais apropriada para o alcance dos mesmos.

d) Integrar soluções. Em pesquisas anteriores do NEO-UFRGS no APL de automação e controle da ABINEE, ficou claro que as empresas ofertantes de soluções não são capazes de oferecer individualmente soluções completas para todo tipo de demanda da Indústria 4.0. O caminho a ser seguido é a criação de soluções conjuntas e customizadas, como, por exemplo, esforços conjuntos de empresas de automação e controle com empresas de TI e de equipamentos industriais. Assim sendo, a ABIMAQ tem um grande

potencial de configurar um ecossistema junto a essas empresas para buscar soluções mais completas que atendam a toda a variedade de opções tecnológicas apresentadas neste relatório.

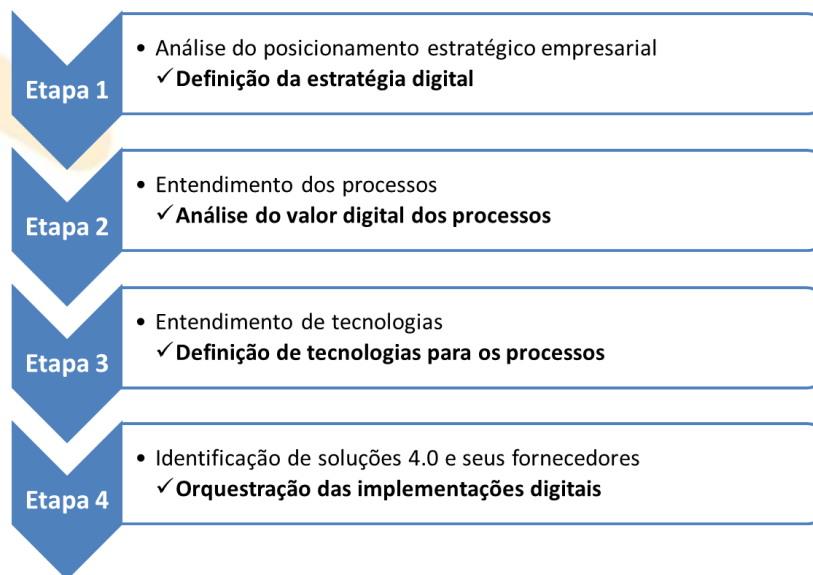
e) Manter o foco nos métodos de produção. Nesta pesquisa observou-se uma forte carência de plataformas de integração com a cadeia produtiva. Isso pode ser devido a questões metodológicas. Sistemas de gestão da produção consagrados, como o *Lean Manufacturing*, pregam uma necessidade de trabalho integrado com o fornecedor, assim como a utilização de outras técnicas de produção antes da implementação de tecnologias avançadas. Assim sendo, reforça-se a importância das empresas da ABIMAQ manterem o foco nos métodos de gestão, para que estes guiem a implementação das tecnologias mais apropriadas, e não o contrário.

f) Buscar parcerias. Centros tecnológicos e universidades são vistos pelas empresas do ABIMAQ com potencial moderado de colaboração. Contudo, existe uma grande oportunidade de complementariedade. Diversos editais nacionais e locais são desenvolvidos para este tipo de colaboração.

g) Saber por onde começar. A Figura 16 descreve quatro etapas principais que são necessárias para um correto alinhamento entre a necessidade do cliente e as tecnologias que as empresas da ABIMAQ podem implementar e/ou oferecer. Entender esse alinhamento é essencial para conseguir resultados efetivos da Indústria 4.0. Contudo, não são todas as empresas possuem capacidade própria para este tipo de análise prévia à implantação. O NEO-UFRGS possui este tipo de competência para auxiliar as empresas a entenderem as etapas e necessidades prévias à implantação de soluções da Indústria 4.0. A experiência do NEO-UFRGS com empresas desenvolvedoras de soluções para a Indústria 4.0, que configuram a Aliança Local para a Manufatura Avançada 4.0 (ALMA 4.0), complementam a capacidade do grupo para guiar as empresas em uma solução focada especificamente nas suas

necessidades e com desenvolvedores de solução apropriados e competentes. Conheça mais do projeto: www.ufrgs.br/neo/alma40

Figura 16 – Etapas do NEO-UFRGS para a implementação de uma estratégia digital nas empresas



AGRADECIMENTO:

O Núcleo de Engenharia Organizacional (NEO) agradece a participação de diversos profissionais que oportunizaram a realização da pesquisa assim como a compreensão dos conceitos relacionados à Indústria 4.0. De maneira especial, o NEO agradece às seguintes empresas e instituições que auxiliaram na construção e no refinamento dos instrumentos de coleta de dados:

- Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ)
- Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
- Departamento de Engenharia de Produção e Transportes (DEPROT-UFRGS)

Além disso, as atividades de pesquisa conduzidas neste projeto só foram possíveis graças aos seguintes financiamentos de agências de fomento:

- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), Edital Pesquisador Gaúcho 02/2017 (Processo 17/2551-0001) e bolsas de Iniciação Tecnológica
- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Produtividade em pesquisa (Processo 305844/2015-6) e bolsas de Iniciação Científica
- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Bolsas de mestrado e doutorado

Por fim, o NEO estende de maneira especial seus agradecimentos aos respondentes desta pesquisa, por sua sinceridade nas respostas e pelos comentários adicionais recebidos, que ajudaram na interpretação dos dados e nas elaborações das conclusões deste trabalho.



NEO

Núcleo de Engenharia
Organizacional



PROJETOS

O NEO-UFRGS trabalha temas industriais sob a ótica da gestão estratégica e da inovação de modelos de negócios. Conheça esses temas de pesquisa e os projetos desenvolvidos:

- Indústria 4.0
- Servitização
- Inovação industrial
- Inovação energética

CONTATO

+55 51 3308 3490
www.ufrgs.br/neo
neo@producao.ufrgs.br

Av. Osvaldo Aranha 99
Porto Alegre/RS - Brasil