

Desenvolvimento de um modelo para avaliar o nível *lean* de uma organização. Caso de estudo

JOÃO CARLOS DA PALMA VARGAS
(Licenciado em Engenharia e Gestão Industrial)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica, perfil de Manutenção e Produção

Orientador:

Doutor António João Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais:

Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera
Doutor António João Feliciano Abreu

Dezembro de 2015



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica

Desenvolvimento de um modelo para avaliar o nível *lean* de uma organização. Caso de estudo

JOÃO CARLOS DA PALMA VARGAS
(Licenciado em Engenharia e Gestão Industrial)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica, perfil de Manutenção e Produção

Orientador:

Doutor António João Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Doutor João Manuel Ferreira Calado

Vogais:

Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera
Doutor António João Feliciano Abreu

Dezembro de 2015

Dedicatória

À minha filha Daniela Vargas

“ O tempo perdido é algo que não pode ser reciclado.”

Taiichi Ohno

Agradecimentos

Uma dissertação de mestrado embora seja um trabalho de carácter individual carece do contributo e do apoio de inúmeras pessoas. Assim e em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha esposa Sílvia Vargas, que sempre me apoiou durante o meu percurso académico e a quem estarei eternamente grato pelo seu amor e carinho, sem o qual dificilmente teria sido possível chegar até aqui.

Aos meus pais, pela formação que me deram, pelo apoio demonstrado e pelo orgulho nas minhas conquistas, sem os quais, não seria a pessoa que sou hoje.

Aos meus sogros, pelo apoio, compreensão e motivação constantes.

Ao Professor Doutor António Abreu, pela disponibilidade, profissionalismo, sugestões e orientação na elaboração deste trabalho.

À empresa pela oportunidade concedida para a realização deste estudo.

De uma forma especial à KPO Ana Antunes e à Engenheira Berta Pinheiro pelo trabalho de equipa desenvolvido, pelos conhecimentos transmitidos e cujo contributo foi determinante para a realização deste trabalho.

Ao Engenheiro Tiago Ferreira orientador na empresa, pela forma como me auxiliou e consentiu o acesso a todas as informações necessárias.

À Engenheira Cesaltina Martins pelo auxílio, motivação e amizade em todos os momentos e circunstâncias.

Por fim, aos meus colegas e amigos, pelo constante apoio, paciência, compreensão e incentivo demonstrado ao longo de todo o projecto.

A todos, o meu muito OBRIGADO!

Resumo

O pensamento ou filosofia *lean* tem sido reconhecida como uma vantagem competitiva, pois ela permite grande flexibilidade, produzindo cada vez mais com cada vez menos, num mercado globalizado e extremamente competitivo, pelo que muitas empresas adoptaram este novo paradigma de produção.

Neste contexto, questões relevantes se colocam aos gestores nos dias de hoje: O que é precisamente ser *lean*? Quão *lean* é o sistema da nossa organização? e Qual o modelo de avaliação *lean* mais adequado de modo a validar a estratégia de implementação do pensamento *lean* na nossa organização? A quantificação do pensamento *lean* é assim uma das agendas da investigação contemporânea.

Este trabalho teve assim como propósito ajudar a responder a estas e outras questões, desenvolvendo para o efeito e com base na pesquisa científica realizada, um modelo de avaliação *lean* sustentado na lógica difusa, de modo a obter uma avaliação quantitativa (objectiva) a partir de uma avaliação qualitativa (percepção dos indivíduos).

O modelo está estruturado em três dimensões, ‘Clientes’, ‘Fornecedores’ e ‘Organização’, integrando treze critérios para um total de cem atributos. Permite identificar as necessidades de melhoria na implementação do pensamento *lean* nas organizações e o uso de gráficos de radar permite uma visão imediata e abrangente das áreas de melhor desempenho e aquelas que necessitam de maior atenção. Usos práticos do modelo são discutidos nas conclusões, juntamente com possíveis limitações.

Neste trabalho e como forma de enquadramento são apresentados os diversos métodos de avaliação *lean* existentes, o pensamento *lean*, a sua origem e evolução, bem como, os princípios em que se baseia. São ainda identificadas e caracterizadas as mais importantes ferramentas desta filosofia, nomeadamente, o *Kaizen*, o 5S (Organização do local de trabalho), o VSM (Mapeamento do Fluxo de Valor), o Trabalho Padronizado, a Gestão Visual e o TPM (Manutenção Produtiva Total).

Palavras-chave

Modelo avaliação *lean*, Pensamento *lean*, Lógica difusa, Melhoria continua.

Abstract

The *lean* thinking has been recognized as a competitive advantage for organizations, because it allows great flexibility, producing more with less, in a globalized and highly competitive market.

Quantification of *lean* thinking is one of contemporary research agendas. There are currently several ways of measuring various aspects of *lean* production in the literature, however, there are few to determine in a comprehensive manner, the implementation of *lean* thinking in an organization.

So, there are relevant issues that managers facing nowadays: What is precisely been *lean*, How *lean* is the system of my organization? and, What is the most appropriate model of *lean* assessment to validate the *lean* implementation strategy of my organization?

This work aimed to help to answer these and other relevant issues, developing for that and based on scientific research, a *lean* assessment model sustained in fuzzy logic, in order to obtain a quantitative assessment (objective), from a qualitative assessment (perception of individuals).

The model is structured in three perspectives, 'Customers', 'Suppliers' and 'Organization', integrating thirteen dimensions for a total of one hundred attributes. Allows identifying needs for improvement in *lean* implementation and the use of radar charts enables a comprehensive view of performance in which area. Practical uses of model are discussed in the conclusions, along with possible limitations.

In this work as framework the various methods of *lean* assessment are presented, the *lean* philosophy and its origins and evolution, as well, as the principles on which it is based. They are also identified and characterized the most important tools of *lean*, namely, Kaizen, 5S (Workplace Organisation), VSM (Value Stream Mapping), Standardized Work, Visual Management and the TPM (Total Productive Maintenance)

Keywords

Lean assessment model, *Lean* thinking, Fuzzy logic, Continuous improvement.

Glossário

ANDON – Dispositivo de controlo visual sob a forma de quadro. Utilizado para fazer o acompanhamento dos processos de trabalho, informando os colaboradores do andamento (status) dos mesmos, problemas ou pedidos de intervenção.

Benchmarking – Avaliação e comparação do actual desempenho (ou perfil) de uma organização, com organizações similares (ou que realizam operações similares) que sejam consideradas as melhores da sua classe.

CAMO (*Continuing Airworthiness Management Organisation*) - Certificação de homologação de organização de gestão da continuidade da aeronavegabilidade. É o reconhecimento de que uma organização está em conformidade com os requisitos da parte M subparte G.

DOA (*Design Organisation Approval*) – Certificação de homologação de entidade de de projecto de aeronaves . É o reconhecimento de que uma organização de projeto está em conformidade com os requisitos da parte 21 subparte G.

EASA (*European Authority Safety Aviation*) – Agência Europeia para a Segurança da Aviação. É uma agência da União Europeia à qual foram conferidas tarefas reguladoras e executivas específicas na área da segurança da aviação.

FAA (*Federal Aviation Administration*) – É a entidade governamental responsável pelos regulamentos e todos os aspectos relativos à aviação civil nos Estados Unidos.

Genba - É uma palavra japonesa para “local de trabalho”.

Heijunka – Palavra de origem japonesa que significa nivelar. A programação *heijunka* envolve o nivelamento da carga de forma a garantir um fluxo contínuo de materiais e de informação.

IDID (Índice Difuso Importância-Desempenho) – Índice de classificação dos principais constrangimentos *lean*. Combina a avaliação de desempenho e a importância de cada atributo. Quanto menor for o IDID de um determinado factor, menor será o seu grau de contribuição para o desempenho *lean* da organização.

IL (Índice *Lean*) – É um índice *lean* difuso agregado que consolida em cada factor (dimensões e critérios), as avaliações com os factores de ponderação.

ILD (Índice *Lean* de Desempenho) – É um índice *lean* difuso agregado holístico que consolida num único índice o resultado das avaliações e factores de ponderação. O ILD representa assim o nível global *lean* de uma organização.

ISO (*International Organization for Standardization*) - É uma organização internacional independente, não-governamental, com uma adesão de 162 organismos nacionais de normalização.

JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) – É uma organização internacional constituída com o objectivo de melhorar o sector produtivo das empresas, com foco na manutenção.

JIT (*Just in Time*) – Sistema de produção no qual o processamento e movimentação de materiais ocorre à medida que estes são necessários e usualmente em pequenos lotes.

Kanban - Palavra japonesa que significa literalmente registo ou placa visível. É uma ferramenta de comunicação e controlo de *stocks* desenvolvida pela Toyota. Trata-se de um cartão de sinalização que controla os fluxos de produção e/ou transportes.

Kaizen – Termo japonês para "mudança para melhor" ou “melhoria”. Refere-se a metodologia de trabalho em equipa para análise e melhoria dos processos recorrendo a ferramentas *lean*.

KPO (*Kaizen Promotion Officer*) – Tem por missão promover a excelência do desempenho operacional, através da melhoria contínua dos processos baseada na aplicação sistemática dos princípios e ferramentas do pensamento ou filosofia *lean*.

Lean – Termo de origem inglesa que significa magro, sem gordura. Algo que contém apenas o que é necessário.

MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) – É um centro universitário de educação e pesquisa privado localizado em Cambridge, Massachusetts, nos Estados Unidos. O MIT é um dos líderes mundiais em ciência, engenharia e tecnologia, bem como outros campos, como administração, economia, linguística, ciência política e filosofia.

MOA (*Maintenance Organisation Approvals*) - Certificação de homologação de uma organização de manutenção de aeronaves. É o reconhecimento de que uma organização está em conformidade com os requisitos da parte 145 subparte G.

MRO (*Maintenance Repair and Overhaul*) – Designação usada para identificar o sector de actividade que inclui as tarefas de manutenção e reparação de aeronaves, motores e componentes.

Muda – Termo japonês que indica tudo o que utiliza recursos e não acrescenta valor (desperdício)..

OEM (*Original Equipment Manufacturer*) - Fabricante original do equipamento. Refere-se a uma organização que concebeu um determinado produto.

POA (*Production Organisations Approvals*) – Certificação de homologação de entidade de produção de aeronaves. É o reconhecimento de que uma organização de projeto está em conformidade com os requisitos da parte 21 subparte J.

Poka-Yoke – Expressão de origem japonesa que significa “à prova de erro”.

Shop floor – Designação utilizada para referir o local onde se executa as tarefas produtivas. Em língua japonesa *genba* (palavra muito utilizada no contexto da filosofia *lean*). Em língua portuguesa designado por planta fabril ou chão de fábrica.

Takt Time – Palavra de origem alemã que significa batuta. É um tempo de ciclo definido de acordo com a procura. Se a procura aumenta, o takt time terá de diminuir e vice-versa.

Tempo ciclo – Tempo necessário para realizar uma dada tarefa, trabalho, produto ou serviço, composto pelo tempo útil e por tempo não produtivo.

Valor – Aquilo que é entregue (sob a forma de produto ou serviço) ao cliente e que este considera como importante. Refere-se ao nível de satisfação que o cliente experimentou resultado da entrega que lhe foi feita.

WIP (*Work in Progress*) - Trabalhos em curso, isto é, refere-se a todos os materiais e produtos, parcialmente acabados, que estão nas várias fases do processo de produção. Exclui inventário de matérias-primas e produtos acabados do final do ciclo produção.

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Justificação e motivação.....	2
1.2	Objectivos do estudo.....	2
1.3	Metodologia da investigação.....	2
1.4	Pesquisa científica.....	4
1.5	Organização da dissertação.....	4
2	Revisão Literatura - Reflexão conceptual sobre o pensamento <i>lean</i>	7
2.1	Enquadramento histórico.....	7
2.2	O Pensamento ou filosofia <i>lean</i>	11
2.3	Fontes de desperdício.....	15
2.4	Principais metodologias e ferramentas <i>lean</i>	18
2.4.1	5S.....	18
2.4.2	Trabalho padronizado (<i>Standard Work</i>).....	19
2.4.3	Gestão visual (<i>Andon</i>).....	20
2.4.4	TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>).....	21
2.4.5	Melhoria continua (<i>Kaizen</i>).....	22
2.5	Os benefícios do pensamento <i>lean</i>	22
2.6	Factores de constrangimento ao pensamento <i>lean</i>	24
3	Modelos de avaliação <i>lean</i>	25
3.1	Tipos de modelos de avaliação <i>lean</i>	26
3.1.1	Mapeamento fluxo valor (VSM).....	27
3.1.2	Ferramentas avaliação qualitativa.....	28
3.1.3	Métricas de desempenho <i>lean</i>	30
3.1.4	Benchmarking.....	32
3.2	Síntese.....	36
4	Proposta do modelo conceptual de avaliação <i>lean</i>	37
4.1	Seleção de critérios de avaliação.....	38
4.1.1	Tipo de modelo.....	38
4.1.2	Método análise e tratamento informação.....	39
4.1.3	Conjuntos Difusos.....	44
4.2	Modelo avaliação <i>lean</i> proposto.....	45
4.2.1	Estrutura do modelo.....	46
4.2.2	Definição de variáveis linguísticas e funções de pertença.....	51
4.2.3	Atribuição factores ponderação.....	53
4.2.4	Indicadores de desempenho.....	54
4.2.5	Principais constrangimentos à melhoria do desempenho.....	56
5	Aplicação do modelo proposto na indústria aeroespacial (Caso de estudo).....	59
5.1	Os desafios da indústria aeroespacial.....	59
5.2	Caracterização da empresa.....	60
5.3	Avaliação do desempenho <i>lean</i> da organização.....	65
5.4	Indicadores de desempenho <i>lean</i> da organização.....	68
5.5	Principais constrangimentos à melhoria.....	72
6	Conclusões e recomendações.....	79
	Referências Bibliográficas.....	81
	Anexo A – Excerto do questionário de avaliação da empresa.....	86
	Anexo B – Questionário de Avaliação do modelo proposto.....	88
	Anexo C – Factores de ponderação.....	92
	Anexo D – Funções de pertença dos factores de ponderação.....	94
	Anexo E – Avaliação de desempenho da célula da logística.....	96
	Anexo F – Avaliação de desempenho das células dos Motores.....	98
	Anexo G – Funções pertença da avaliação de desempenho (Célula Logística).....	100
	Anexo H – Funções pertença da avaliação de desempenho (Células Motores).....	102
	Anexo I – Índices <i>Lean</i> difusos agregados (Células motores).....	104
	Anexo J – Índices Difusos Importância-Desempenho dos atributos <i>lean</i> (Célula Logística).....	106
	Anexo K – Índices Difusos Importância-Desempenho dos atributos <i>lean</i> (Células Motores).....	108

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Metodologia da Investigação	3
Figura 2.1 - Evolução da produção <i>lean</i> (adaptado de Shah e Ward, 2007, p.3).....	10
Figura 2.2 - Princípios <i>Lean Thinking</i> (fonte: Maia, L. et al., 2011, p.3).....	12
Figura 2.3 - Os sete princípios do <i>lean</i> (fonte: Pinto, J., 2014, p.13)	13
Figura 2.4 - Os princípios da Toyota (Toyota Way).....	15
Figura 2.5 - Desperdícios (adaptado de Melton, T., 2005, p.665)	17
Figura 2.6 - Os benefícios do <i>lean</i> (adaptado de Melton, T., 2005, p.663)	23
Figura 2.7 - Forças de incentivo e resistência ao <i>lean</i> (adaptado de Melton, T., 2005, p.664).....	24
Figura 4.1 - Lógica Booleana	39
Figura 4.2 – Representação gráfica da função de distribuição de uma escala de pontuação de 5 níveis	40
Figura 4.3 - Representação de um conjunto difuso	42
Figura 4.4 - Sistema difuso (adaptado de Lobo, V. (2010)	43
Figura 4.5 – Representação gráfica conjunto difuso trapezoidal I) e triangular II)	44
Figura 4.6 - Relação entre critérios <i>lean</i> e desperdícios (adaptado de Walah et al, 2013, p.1297)	47
Figura 4.7 - Arquitetura do modelo desenvolvido	48
Figura 4.8 - Estrutura conceptual do modelo proposto (adaptado de Shah and Ward (2007) p.799)	49
Figura 4.9 - Arquitetura do modelo proposto	50
Figura 5.1 - Logo do programa corporativo E+ (fonte: empresa).....	62
Figura 5.2 - Evolução Programa Corporativo E+ (fonte: empresa).....	62
Figura 5.3 - Organização do programa corporativo E+ (fonte: empresa).....	63
Figura 5.4 - Evolução células melhoria continua (fonte: empresa)	64
Figura 5.5 - Correspondência entre funções linguísticas e o ILD_{log}	71
Figura 5.6 - Correspondência entre funções linguísticas e o ILD_{mot}	71
Figura 5.7 - Representação gráfica do cálculo do valor real de um número triangular difuso	74
Figura 5.8 - Índice <i>Lean</i> agregado por critério (célula logística)	76
Figura 5.9 - Índice <i>Lean</i> agregado por critério (células Motores)	77
Figura 5.10 - Índice <i>Lean</i> agregado por dimensão (Célula Logística).....	78
Figura 5.11 - Índice <i>Lean</i> agregado por dimensão (Células Motores)	78

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Os 14 Princípios <i>Lean</i> (adaptado de Liker, 2004)	14
Tabela 3.1 - Resumo modelos de avaliação <i>lean</i> (adaptado de Mahfouz, 2011, p.48)	35
Tabela 4.1 - Excerto da perspectiva organização do modelo de avaliação <i>lean</i>	51
Tabela 4.2 - Variáveis Linguísticas e respectivas Funções de pertença	52
Tabela 4.3 - Variáveis linguísticas para factores de ponderação do critério 5S e Gestão Visual	53
Tabela 4.4 - Funções pertença dos factores de ponderação do critério 5S e Gestão Visual	53
Tabela 4.5 - Expressões linguísticas <i>lean</i> e respectivas funções de pertença	55
Tabela 5.1 - Distribuição da Avaliação das Células Melhoria Continua	66
Tabela 5.2 - Avaliação de desempenho célula da Logística critério “5S e Gestão Visual”	67
Tabela 5.3 - Avaliação de desempenho células do Motores critério “5S e Gestão Visual”	67
Tabela 5.4 - Funções de pertença da avaliação de desempenho e dos factores de ponderação	68
Tabela 5.5 - Índices <i>lean</i> difusos agregados (Célula Logística)	69
Tabela 5.6 - Correspondência entre patamares de avaliação e as expressões linguísticas	70
Tabela 5.7 - Comparação da Avaliação <i>Lean</i> (Modelo da Organização vs Modelo Proposto)	72
Tabela 5.8 - Índices Difusos Importância-Desempenho dos atributos <i>lean</i> (Célula Logística).....	74
Tabela 5.9 - Constrangimentos Críticos (Pontuação Classificação)	75

1 Introdução

Actualmente, os mercados são cada vez mais globalizados, competitivos e em constante mudança e evolução. É neste contexto que as empresas para sobreviverem procuram instrumentos que lhes garantam ganhos de produtividade e vantagens competitivas.

Nessa perspectiva, muitas empresas adoptam o pensamento ou filosofia *lean* como estratégia de sobrevivência, no entanto e de acordo com Bashin and Burcher (2006), mais de 90% das empresas que aplicaram ferramentas e metodologias *lean* apresentam lacunas na avaliação da melhoria do seu desempenho. As causas mencionadas para este vazio na avaliação das melhorias de desempenho resultantes da implementação da abordagem *lean*, são devidas à falta de compreensão de modelos adequados para monitorizar, avaliar e comparar níveis de “*lean*” durante o processo de implementação (Behrouzi and Wong, 2011; Saurin et al, 2011).

Podemos encontrar na literatura diversas definições para o conceito “nível *lean*” de uma organização. A título de exemplo, Wan and Chen (2008), definem o “nível *lean*” como o nível de desempenho do fluxo de valor em comparação com a perfeição, ou ainda segundo Bayou and Korvin (2008), o “nível *lean*” é a medida da implementação das práticas *lean*.

A falta de uma compreensão clara do que é o desempenho *lean* e a sua avaliação, é uma das razões para que programas de implementação do pensamento *lean* tenham falhado. Por outras palavras, não é possível gerir o pensamento *lean* sem que se meça o seu desempenho (Behrouzi and Wong, 2011).

Para Pakdil and Leonard (2014), apesar de existirem diversos processos diferenciados de medição para várias perspectivas da produção *lean* na literatura, não existe nenhuma avaliação holística que permita determinar o nível de implementação do pensamento *lean* nas organizações.

Assim, um dos grandes desafios que esta área enfrenta, relaciona-se com o desenvolvimento de modelos que permitam avaliar e validar a eficácia e eficiência da implementação do pensamento *lean* nas organizações.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta um modelo baseado na lógica difusa que tem como objectivo determinar o “nível *lean*” ou *leanness* de uma organização.

1.1 Justificação e motivação

A quantificação do pensamento *lean* é uma das agendas da investigação contemporânea. Existem actualmente diversas formas de medição para vários aspectos da produção *lean* na literatura, no entanto, poucos existem para determinar de uma forma holística a implementação do pensamento *lean* numa organização.

Existem assim questões relevantes que se colocam: O que é precisamente ser *lean*?, Quão *lean* é uma organização? e Qual o modelo de avaliação *lean* mais adequado, de modo validar a estratégia de implementação do pensamento *lean* numa organização?

É neste contexto e por exercer funções numa empresa aeronáutica que adoptou o pensamento *lean* como estratégia de gestão desde 2009, que me proponho a desenvolver um modelo que ajude a compreender e a determinar o “nível *lean*” de uma organização.

1.2 Objectivos do estudo

A presente dissertação tem como principal objectivo desenvolver um modelo que ajude a compreender e determinar o “nível *lean*” de uma organização, de modo validar a estratégia de implementação do pensamento *lean*, bem como, descrever a metodologia utilizada no seu desenvolvimento e aplicação numa empresa de fabricação e manutenção aeronáuticas. É no entanto, limitado pela natureza da definição de *lean*, medida associada a imprecisão e complexidade (Lin et al, 2006).

1.3 Metodologia da investigação

Como metodologia de investigação foi adoptada a Investigação-Acção, uma vez que se encontra impregnada de métodos e critérios, donde acabam por emanar teorias, ganhando consistência e marcas distintivas comparativamente a outras metodologias, na medida em que se impõe como um “projecto de acção” (Coutinho, 2008).

Para Coutinho (2008), o que melhor caracteriza e define a Investigação-Acção, é o facto de se tratar de uma metodologia de pesquisa, essencialmente prática e aplicada, que se rege pela necessidade de resolver problemas reais. Esta abordagem, por permitir ser realizada em contextos reais, proporciona uma participação activa da comunidade estudada, fornecendo-lhes meios que possibilitam a implementação de medidas para solucionar problemas específicos (Curry, 2005).

Nesse sentido foi necessário estabelecer um protocolo de parceria com uma empresa de forma a desenvolver-se o projecto de estudo. Isto significa, que os colaboradores da organização cooperaram durante todas as fases do projecto, ou seja, desde a análise até à obtenção dos resultados. Para o desenvolvimento do modelo foi criada uma equipa multidisciplinar constituída por mim e por dois especialistas da empresa na área do *lean* (Ana Antunes e Berta Pinheiro), que com base na pesquisa científica realizada sobre o tema, no tipo de organização, experiencia e conhecimento, formularam o presente modelo.

Após a sua concepção, procedeu-se então à sua aplicação na empresa e consequente análise dos resultados.

A figura 1.1 ilustra a metodologia acima descrita.

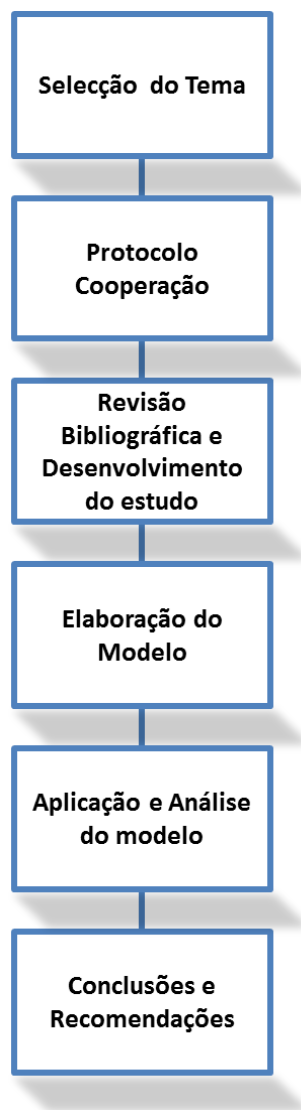


Figura 1.1 - Metodologia da Investigação

1.4 Pesquisa científica

A pesquisa científica teve como grande finalidade a procura do conhecimento. Poderá ser definida como a procura e exploração que tem por objectivo descobrir, explicar e compreender determinada realidade. Para Burns (2000), a pesquisa científica encoraja os investigadores não só a explorar os conceitos existentes, como também a descobrir novas ideias. Fornece uma visão clara acerca das limitações e virtudes dos modelos de avaliação *lean* anteriormente desenvolvidos por outros investigadores.

A pesquisa científica efectuada incidiu essencialmente sobre a origem e o desenvolvimento do pensamento *lean*, suas ferramentas e metodologias, bem como e em particular, sobre os diversos modelos de avaliação *lean* existentes.

A pesquisa foi realizada em diversas bases de dados, como a *Web of Science*, a *Emerald* e a *B-On*, envolvendo a consulta de livros, artigos científicos, dissertações de mestrado e doutoramento, bem como, publicações em páginas da internet.

1.5 Organização da dissertação

Em termos de organização a dissertação foi estruturada em seis capítulos que pretendem encadear de forma lógica a investigação efectuada.

O primeiro capítulo é introdutório e pretende enquadrar a presente dissertação descrevendo igualmente a metodologia utilizada.

No segundo capítulo encontramos a revisão da literatura, nomeadamente, o enquadramento histórico, o *Toyota Production System*, principais ferramentas e metodologias do pensamento *lean*, assim como, os seus principais benefícios e factores de constrangimento.

O terceiro capítulo pretende descrever os diversos tipos de modelos de avaliação *lean* existentes, suas vantagens e inconvenientes.

No quarto capítulo é descrito o modelo conceptual, metodologia utilizada no seu desenvolvimento, estrutura e características.

O quinto capítulo consiste no caso de estudo. Caracteriza a empresa onde decorreu o estudo, descreve a implementação do modelo conceptual desenvolvido e os resultados obtidos na avaliação de desempenho realizada.

Por fim no sexto e último capítulo, são apresentadas as principais conclusões sobre as disposições apresentadas nos capítulos anteriores, em particular, no caso de estudo.

2 Revisão Literatura - Reflexão conceptual sobre o pensamento *lean*

Hoje, pela primeira vez na história, vivemos numa economia aberta do tipo capitalista num mercado cada vez mais globalizado, extremamente competitivo, em constante mudança e evolução, e com consumidores cada vez mais bem informados e exigentes (França, 2013). Esta mudança de paradigma comprometeu a vantagem competitiva de uma produção em massa e estandardizada, levando as empresas a um novo conceito de produção flexível, uma vez que esta permite uma adaptação rápida às mudanças do mercado e dos consumidores.

De acordo com a visão estratégica de Porter (1985), as empresas têm duas formas de apresentar vantagens competitivas, ou através do preço ou pela diferenciação dos seus produtos.

Em virtude da produção em massa ter começado a apresentar limitações, uma vez que as empresas tinham de produzir uma grande quantidade de cada tipo de produto, formando enormes inventários que se tornavam por vezes obsoletos face às mudanças na procura, incrementando dessa forma os custos de produção, surge neste contexto um novo paradigma de produção, a produção *lean*.

Para Womack et al (1990), a produção *lean* é '*lean*', porque ela usa menos de tudo em comparação com a produção em massa, necessita de metade do espaço de produção, metade das ferramentas de investimento e metade das horas de engenharia para desenvolver um novo produto. Além disso, requer muito menos manutenção, metade do inventário necessário no local, resultando em muitos menos defeitos e produzindo uma maior e crescente variedade de produtos.

Em suma, a produção *lean* é '*lean*' porque é a forma de se fazer cada vez mais, com cada vez menos.

O pensamento *lean* é uma busca permanente para a perfeição, por vezes difícil de imaginar, porque é uma grande mudança de paradigma (Wilson, 2010).

2.1 Enquadramento histórico

Desde os primórdios da evolução da produção, que o produtor artesanal lançava mão, quase sempre de trabalhadores altamente qualificados e ferramentas simples, mas altamente

flexíveis, para produzir o que o cliente mais desejava: um item de cada vez, muitas das vezes, exclusivo. Essa produção tinha sofisticação e qualidade de acabamento, com duas grandes desvantagens económicas, grandes tempos de entrega e era bastante dispendiosa para a maioria das pessoas (Womack et al, 1990).

Após a Primeira Guerra Mundial, *Alfred Sloan* da *General Motors* e *Henry Ford* da *Ford Motors*, conduziram a mudança do século, ou seja, a passagem de uma produção artesanal, cuja liderança era europeia, para a chamada produção em massa. Este sistema de produção, inicialmente utilizado na indústria automóvel americana, foi posteriormente difundido na indústria europeia.

A produção em massa servia-se de profissionais pouco qualificados e de máquinas dispendiosas e especializadas em uma única tarefa. Por ser dispendiosa a mudança de um determinado produto, este era mantido como padrão o maior tempo possível, muitas vezes com métodos de trabalho monótonos e obsoletos. Com isso, eram obtidos grandes volumes de produção, com preços mais baixos, em detrimento da variedade e da qualidade.

A produção *lean* surge no Japão na década de 50, a partir do trabalho desenvolvido por dois engenheiros da Toyota Motor Company, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, que ao visitarem a Ford Motor em Detroit nos Estados Unidos, até então a unidade mais eficiente do mundo, que utilizava o sistema de produção em massa, perceberam que isso não seria possível aplicar nas empresas japonesas, uma vez que o Japão recuperava ainda da II Guerra Mundial, sofrendo de uma escassez de recursos humanos, financeiros e materiais (Arantes, 2008).

É perante este cenário e num mercado japonês restrito e variado que estes dois engenheiros inspirados na sua visita aos Estados Unidos e em particular nos supermercados americanos, desenvolveram o *Toyota Production System* (TPS). Segundo eles, o Sistema Toyota de produção desenvolveu-se a partir de uma necessidade. Certas restrições no mercado tornaram necessária a produção de pequenas quantidades, de muitas variedades de produtos sob condições de baixa procura, foi esse o destino da indústria automobilística japonesa no período de pós-guerra (Womack et al, 1990).

O Toyota Production System (TPS) é a aplicação de produção *lean* de maior sucesso. Este sistema unia as vantagens da produção artesanal, com trabalhadores altamente qualificados e

ferramentas flexíveis para produzir com exactidão aquilo que o consumidor pedia, às vantagens da produção em massa, com elevado nível de produção e baixo custo.

Este sistema inovador tinha como propósito aumentar a eficiência da produção pela eliminação sistemática de desperdícios (Womack et al, 1990).

A palavra *lean* foi introduzida por Krafcik (1988), do International Motor Vehicle Program (IMVP) do Massachusetts Institute of Technology (MIT), numa publicação para descrever o sistema de produção da Toyota (TPS).

Esta forma de trabalhar permitiu à empresa Toyota ascender a uma posição de liderança do mercado automóvel em relação às empresas americanas. Este facto, originou um grande interesse dos investigadores do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) que apelidaram este sistema de *Lean Production* no livro “*The machine that changed the world*” dos autores *James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos* (1990).

O que começou por ser o modelo de produção de uma organização, a *Toyota Motor Company*, transformou-se num paradigma de produção, ou seja, num conjunto de técnicas e ferramentas que podem ser implementadas em qualquer organização que pretenda melhorar a sua eficiência de modo a produzir mais variedade, mais qualidade, com maior velocidade e menores custos, o que a torna capaz de competir num mercado caracterizado pela variedade e restrição (Arantes, 2008).

O conceito de produção *lean* identifica sistemas de produção eficientes e eficazes, que consomem menos recursos, criando maior qualidade com menor custo (Pakdil and Leonard, 2014).

A figura 2.1 mostra a evolução das diversas fases da produção *lean* ao longo dos tempos.

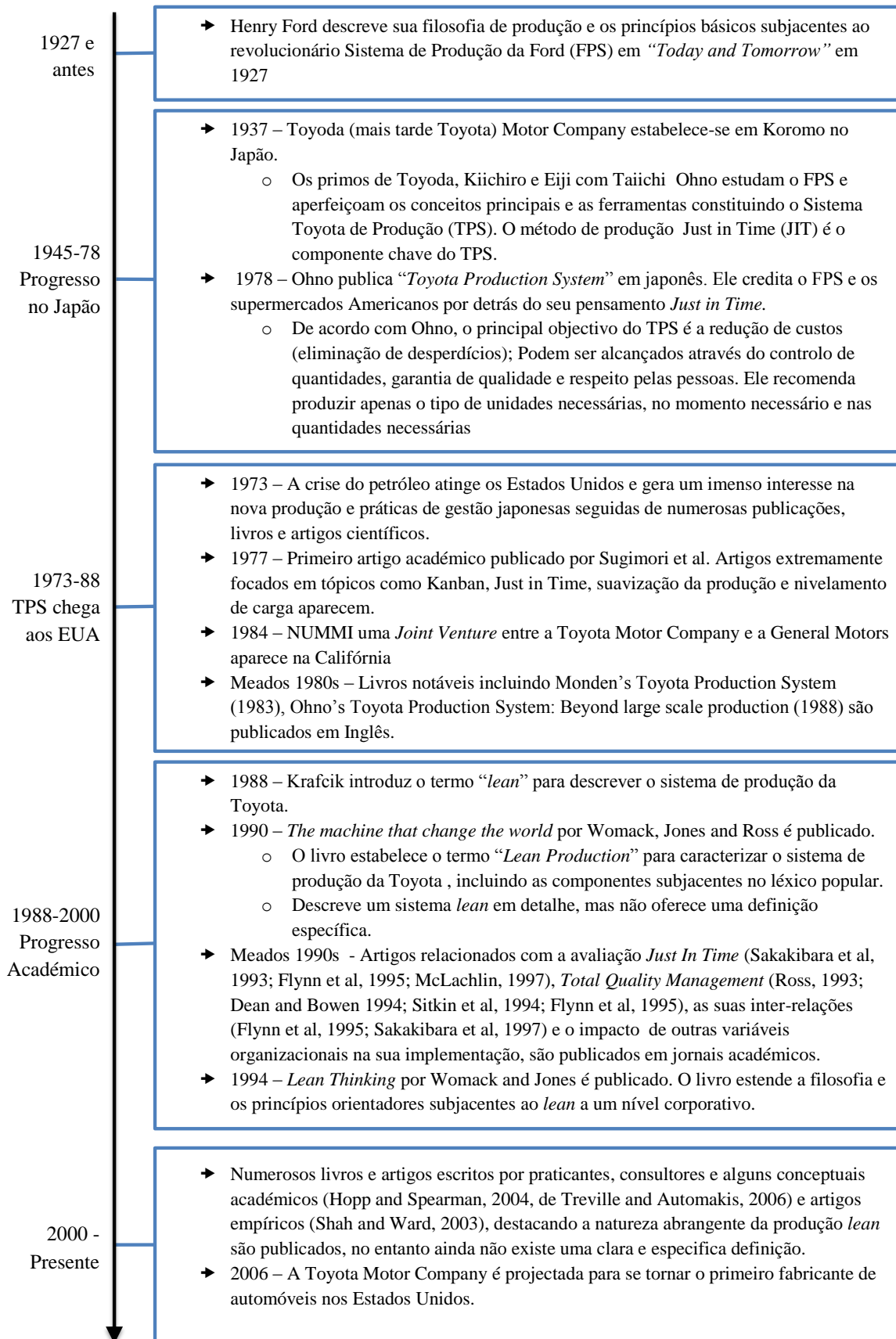


Figura 2.1 - Evolução da produção *lean* (adaptado de Shah e Ward, 2007, p.3)

2.2 O Pensamento ou filosofia *lean*

O *Toyota Production System* evoluiu ao longo de quatro décadas dando lugar ao pensamento *lean* “*Lean Thinking*” nos anos 90, uma filosofia de crescimento de longo prazo e melhoria contínua da organização, através da geração de valor para o cliente, para a sociedade e para economia, com objectivos de redução de custos, melhoria de prazos de entrega e qualidade através da eliminação sistemática de desperdícios ou *MUDA* (termo em japonês) (Wilson, 2010).

O pensamento *lean* é uma abordagem integrada para produção de produtos e/ou serviços com o objectivo de alcançar qualidade superior, entrega atempada e custo competitivo, levando à satisfação do cliente (Khadem et al, 2008).

Para Womack and Jones (1996), no amago do pensamento *lean* estão cinco princípios fundamentais:

1. **Valor** – O que o cliente realmente valoriza, ou seja, esteja disposto a pagar. A organização deve identificar as características e funcionalidades dos produtos que satisfazem as necessidades e expectativas dos seus clientes. Apenas o valor justifica a existência de uma organização. É para isso que elas existem: para criar valor a todas as pessoas que directa ou indirectamente, se servem dos seus produtos e/ou serviços (Pinto, 2009).
2. **Cadeia de Valor** - Todos os processos e actividades necessárias para fazer chegar o produto ao cliente final. A organização deve analisar todos os processos envolvidos na cadeia de valor e consequentemente, identificar as actividades que não agreguem valor, por forma a reduzi-las, ou até, preferencialmente, eliminá-las.
3. **Fluxo Contínuo** - Processos fluidos, sem interrupções. A organização deve criar fluxos contínuos (sejam eles de materiais, informação, pessoas ou capital), porque sempre que há estagnação há valor que se perde.
4. **Sistema Puxado** - Produzir de acordo com os pedidos do cliente (do final para o início), ou seja, adoptar uma lógica *pull*, deixar o cliente dar início aos processos, actuando apenas quando necessário. Desta forma, é produzido apenas o necessário,

quando necessário, contribuindo assim para a redução de *stocks* e produto em processamento ou *Work in Process* (WIP).

- 5. Procura da Perfeição** - Processo contínuo de aumento da eficiência e eficácia. A organização deve almejar alcançar a perfeição nos seus processos através da eliminação sistemática de desperdícios.



Figura 2.2 - Princípios *Lean Thinking* (fonte: Maia, L. et al., 2011, p.3)

Estes princípios foram colocados numa sequência tal que a sua realização poderá servir como *roadmap* para a implementação do pensamento *lean* nas organizações, no entanto, os cinco princípios de Womack e Jones apresentam algumas lacunas. Consideram apenas a cadeia de valor para o cliente, todavia, numa organização existem várias cadeias de valor, uma para cada parte interessada, pelo que o desafio não está apenas na criação de valor, mas sim, na criação de valores. Outra limitação dos cinco princípios iniciais é que estes tendem a levar as organizações a entrar em ciclos infundáveis de redução de desperdícios, ignorando a crucial actividade de criar valor através da inovação dos seus produtos, serviços e processos (Pinto, 2009).

O bom desempenho de uma organização depende assim da opinião e do trabalho de todas as partes interessadas. Nesse sentido, para evitar que as organizações caiam em histerismos de redução de desperdícios, que muitas vezes se traduzem em despedimentos, esquecendo a sua missão e o seu propósito de criar valor para as partes interessadas, a Comunidade *Lean Thinking*, através dos seus esforços de investigação e desenvolvimento, propôs a revisão dos princípios *Lean Thinking*, sugerindo a adopção de mais dois princípios, “Conhecer o

Stakeholder” e “Inovar Sempre”, procurando dessa forma colocar as organizações no caminho certo, rumo à excelência e ao desempenho extraordinário (Pinto, 2009).

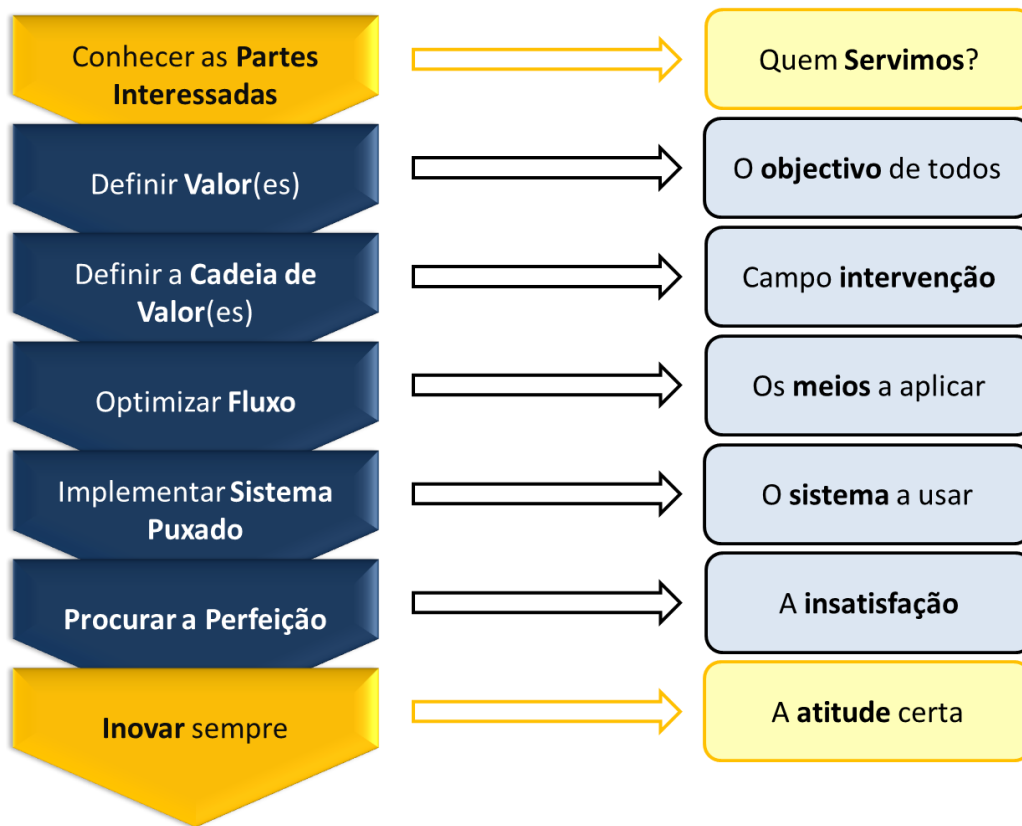


Figura 2.3 - Os sete princípios do *lean* (fonte: Pinto, J., 2014, p.13)

Em 2004, o Dr. Jeffrey Liker da universidade de Michigan ao estudar o *Toyota Production System*, identificou que o pensamento *lean* tem na sua base dois pilares e catorze princípios (Liker, 2004).

Os dois pilares são:

- Melhoria contínua (*Kaizen* – termo em japonês)
- Respeito pelas pessoas.

Os catorze princípios foram categorizados em quatro grupos, encontrando-se sumarizados na tabela 2.1

Tabela 2.1 - Os 14 Princípios *Lean* (adaptado de Liker, 2004)

<i>Grupo</i>	<i>Principio</i>
Filosofia – A longo Prazo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Basear as decisões de gestão numa filosofia de longo prazo, mesmo em detrimento de metas financeiras de curto prazo. 2. Criar um fluxo de processo contínuo de forma a trazer os problemas à superfície. 3. Usar sistemas de produção puxada para evitar a superprodução. 4. Nivelar a carga de trabalho (<i>Heijunka</i>) 5. Construir uma cultura de parar para corrigir os problemas, por forma a obter a qualidade certa à primeira vez. 6. Tarefas padronizadas são a base para a melhoria contínua e capacitação dos funcionários 7. Utilizar controlos visuais. Desta forma os problemas não ficam escondidos 8. Usar somente tecnologia confiável, completamente testada e que serve as pessoas e os processos 9. Líderes em crescimento que entendam completamente o trabalho, que vivam a filosofia e a ensinem aos outros. 10. O desenvolvimento de pessoas excepcionais e equipas que sigam a filosofia da empresa 11. Respeito pela rede de parceiros e fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar 12. Vá e veja por si mesmo para compreender completamente a situação (<i>genchi genbutsu</i>) 13. Tome decisões lentamente por consenso, que considerem todas as opções. Implemente-as rapidamente 14. Torne-se numa organização de aprendizagem através da reflexão incessante (<i>hansei</i>) e melhoria contínua (<i>Kaizen</i>)
Processo – Promover o fluxo: Criação de um sistema de produção puxada com fluxo contínuo e equilibrado de carga de trabalho e pessoas	
Pessoas – Respeito e Desenvolvimento	
Resolução problemas – Melhoria Contínua:	
Organização de actividades de melhoria continua	

Na actualidade e segundo informação na própria página da Toyota (<http://www.toyota-forklifts.com.pt/Pt/company/Pages/The%20Toyota%20Way.aspx>), o *Toyota Way*, ou seja, a materialização do pensamento *lean* na toyota, rege-se por cinco valores principais. Estes expressam as crenças e valores partilhados pela *Toyota*:

- ***Genchi Genbutsu*** - Ir à fonte buscar os factos, tomar as decisões correctas, construir o consenso e atingir os objectivos.
- ***Kaizen*** - Melhoria contínua. Como nenhum processo, em tempo algum, pode ser declarado perfeito, há sempre espaço para a melhoria.
- **Desafio** - Para manter uma visão a longo prazo e encarar todos os desafios com a coragem e criatividade necessárias para concretizar essa visão.

- **Trabalho de Equipa** - Estimular o crescimento pessoal e profissional, partilha oportunidades de crescimento para desenvolver e maximizar o desempenho individual e da equipa.
- **Respeito** – Respeito pelos outros, envida todos os esforços para entender os outros, aceita responsabilidades e faz o teu melhor para construir a confiança mútua.

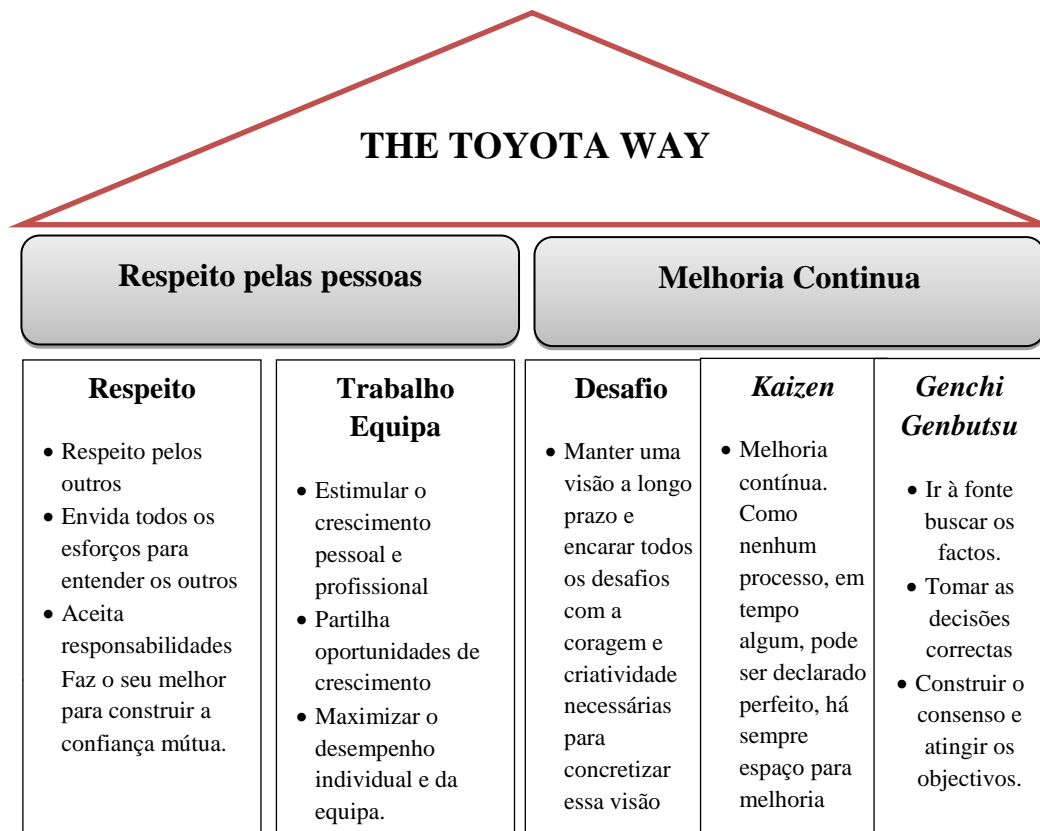


Figura 2.4 - Os princípios da Toyota (Toyota Way)

2.3 Fontes de desperdício

Para Pavnaskar et al (2003), o objectivo da pensamento *lean* é reduzir o desperdício no esforço humano, inventário, prazo de entrega e espaço de produção, tornando a organização altamente reactiva às exigências dos clientes, enquanto produz produtos de qualidade superior de forma eficiente e económica.

Desperdício representa tudo o que não agrega valor e acrescenta custos. Deste modo, poder-se-á dizer que desperdício serão todas as actividades que consomem recursos, adicionando custos e que não acrescentam valor, isto é, não são perceptíveis pelo cliente.

Segundo Liker (2004), num qualquer processo genérico, o desperdício pode representar até 95% do total. Tradicionalmente, as organizações tendem a orientar o seu esforço para tentar aumentar a produtividade em zonas que já acrescentam valor aos processos (5%), ignorando o potencial de ganhos que poderiam ter, caso orientassem o seu esforço para as actividades que não acrescentam valor à organização.

Os sete desperdícios “mortais” são:

Excesso de Produção – Produto que não seja requerido pelo cliente ou pela operação seguinte. Contribui para que se perca capacidade produtiva, material e mão-de-obra que poderiam ser empregues na produção de produtos necessários. Ohno acreditava que este tipo de desperdício é o mais crucial de todos os desperdícios, uma vez que é a raiz de muitos problemas e outros desperdícios (Womack and Jones, 1996).

Esperas – Intervalos de tempo em que materiais, recursos ou informação não se encontram disponíveis quando necessários. Estas podem ocorrer por avarias nos equipamentos, retrabalhos, longos tempos de *setup*, falta de materiais, insuficiente mão-de-obra ou gargalos na produção. Numa empresa, este tipo de desperdício ocorre quando os bens não estão a ser movimentados/processados e isso afecta tanto os bens como os trabalhadores (Womack and Jones, 1996).

Transporte – O transporte de material, pessoas ou informação é necessário, no entanto não agrega valor ao produto, além de que pode representar uma fonte de danos e perigo durante a movimentação de cargas.

Excesso de processamento – Operações complexas ou tarefas desnecessárias que podem originar erros e que devem ser eliminadas ou executadas de modo mais simples. Um processo capaz exige métodos correctos na sua forma mais simplificada, executados de forma padronizada e do qual não resultem defeitos.

Inventário – Representa dinheiro investido parado (custos oportunidade) que consome recursos (custos inventário), com possibilidade de deterioração. Pode ainda ter como consequência a obsolescência com consequente perda do investimento.

Movimentação – Deslocações de pessoas ou equipamentos desnecessários devido à má comunicação, má organização ou maus acessos, consumindo tempo e recursos. A movimentação humana relacionada com má ergonomia, pode ser cansativo para os

funcionários e é susceptível de conduzir a baixa produtividade e problemas de qualidade (Womack and Jones, 1996).

Defeitos – Acarretam custos de produção consumindo materiais, mão-de-obra e capacidade produtiva. Estes custos propagam-se na cadeia de produção em todas as fases de processamento das peças, podendo ainda prejudicar a reputação da organização, caso as peças defeituosas cheguem ao cliente final. Defeito é uma oportunidade de melhoria (Womack and Jones, 1996).

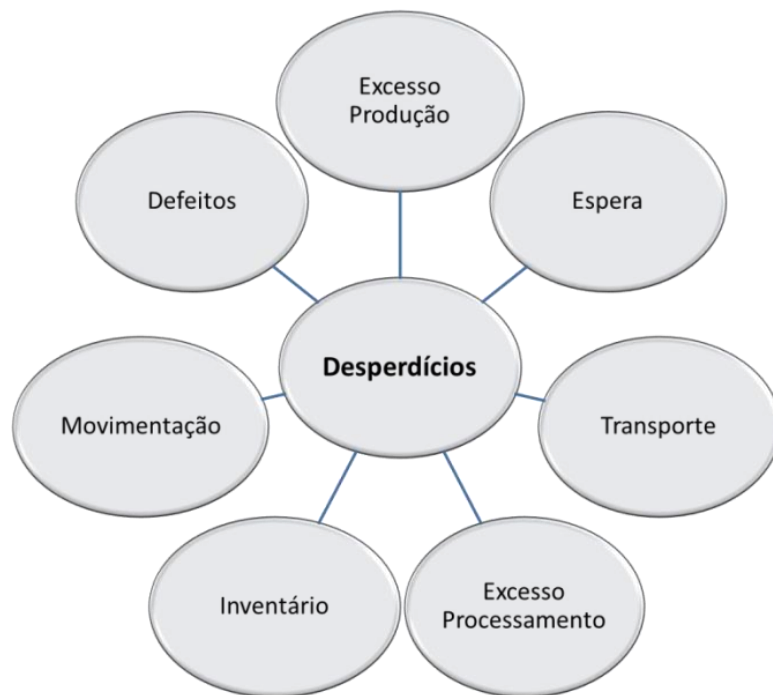


Figura 2.5 - Desperdícios (adaptado de Melton, T., 2005, p.665)

Mais recentemente, foram identificados por alguns autores outras formas de desperdício, nomeadamente, a Capacidade humana e a Segurança.

A falta de segurança pode originar acidentes de trabalho com conseqüente indisponibilidade de mão-de-obra e avarias nos equipamentos.

A falta de envolvimento dos colaboradores, diminui a produtividade e as oportunidades de melhoria que poderiam surgir pelo envolvimento de quem está no local de trabalho ou *Genba* (termo japonês para local de trabalho), não se aproveitando assim o potencial individual de cada indivíduo, em particular, os recursos intelectuais criativos de cada um.

2.4 Principais metodologias e ferramentas *lean*

Por forma a detectar e combater os desperdícios e ajudar as organizações a implementarem programas sustentados no pensamento *lean*, existem diversas metodologias e ferramentas *lean*.

Não sendo no entanto o âmbito do presente trabalho a discriminação das diversas ferramentas e metodologias existentes, neste capítulo irão apenas ser descritas sumariamente as mais relevantes e comumente utilizadas em sistemas *lean*. Muitas outras existem igualmente relevantes, cabendo a cada organização a adopção das ferramentas e metodologias mais adequadas ao seu caso.

Não existe na literatura unanimidade na distinção entre metodologia e ferramenta, pelo que por metodologia, entende-se orientação (caminho), seguida no sentido da implementação e manutenção do pensamento *lean*, e por ferramenta entende-se prática (técnica) usada para se alcançar os objectivos, sejam eles a identificação ou a eliminação de desperdícios.

2.4.1 5S

É uma ferramenta que visa a organização e padronização do espaço, promovendo um espírito de rigor, disciplina e organização no posto de trabalho. A designação provém de serem cinco as etapas deste procedimento e as suas designações originais em japonês iniciarem-se com a letra “S”.

1º Classificar (*Seiri*) – Consiste em classificar os materiais nos locais de trabalho como necessários de uso frequente, pouco frequente, desnecessários/obsoletos e segregar estes últimos de modo a que todos os identifiquem como desnecessários.

2º Organizar (*Seiton*) – Esta organização passa por definir “um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”. Dos materiais não segregados, os de uso frequente deverão ficar próximos do local de trabalho e os de uso menos frequente mais afastados, por forma a otimizar os movimentos ou deslocações.

3º Limpar (*Seisou*) – Toda a área de trabalho, inclusive máquinas, ferramentas e o próprio chão, deverá estar limpa por forma a garantir a preservação das máquinas e ferramentas, bem como, facilitar a detecção de anomalias.

4º Padronizar (*Seiketsu*) – Criar práticas de organização do espaço. Esta padronização consiste na definição de normas de arrumação e limpeza, na identificação de ajudas visuais incluindo cores, luzes, indicadores de direcção, etc, por forma a garantir o cumprimento dos três “S’s” anteriores.

5º Disciplinar (*Shitsuke*) - Manter os quatro “S’s” anteriores. Esta disciplina passa por desenvolver autodisciplina e criar o hábito de envolver os colaboradores em auditorias periódicas aos locais de trabalho das quais deverão sair acções de melhoria de modo a corrigir os desvios e a cultivar o gosto e o orgulho pelo local de trabalho.

São muitas as vantagens na aplicação desta ferramenta: a criação de um ambiente de trabalho limpo e agradável, promovendo uma atitude preventiva e reduzindo possíveis meios de contaminação; eliminar a variabilidade; otimizar as movimentações incrementando dessa forma a rapidez de acesso a materiais e ferramentas, com consequente diminuição de tempos de *setup* e de ciclo; eliminar o excesso de *stock* e eliminar ou reduzir a não qualidade.

É uma ferramenta assim muito útil e de extrema importância, pois actua simultaneamente na eliminação de muitos dos desperdícios acima identificados.

2.4.2 Trabalho padronizado (*Standard Work*)

O trabalho padronizado consiste em estabelecer procedimentos estandardizados que visam melhores métodos e sequências para cada processo ou tarefa, de modo a que todos os colaboradores executem a mesma tarefa da mesma forma, minimizando assim, a variação, aumentando a repetibilidade e potenciando a detecção de desvios maximizando os *outputs*. Deve ter por base os seguintes elementos: *Takt Time*, sequência de trabalho, materiais e ferramentas necessárias.

O *Takt Time* é o ritmo ou ‘batida’ a que um produto, processo ou serviço deve ser produzido de modo a cumprir com a procura do cliente. A estabilização do tempo de ciclo ou *Takt Time* é de extrema importância, pois deve ir ao encontro das necessidades do cliente, minimizando *stocks*.

A sequência de trabalho estabelece-se pela ordem, pela qual as tarefas devem ser executadas, permitindo assim ao colaborador repetir o ciclo de forma consistente ao longo

do tempo. A determinação destas sequências evita a criatividade dos colaboradores, reduzindo as flutuações no tempo de ciclo, minimizando os defeitos. No estabelecimento das tarefas e sequências de trabalho deve-se procurar métodos de trabalho que eliminem as operações perigosas e aumentem a eficiência dos processos eliminando ou minimizando os desperdícios, tais como, as movimentações e a espera.

Com a implementação do trabalho padronizado pretende-se observar oportunidades de melhoria identificando potenciais problemas e desperdícios, providenciar um ambiente de trabalho seguro, manter níveis de elevada qualidade e obter ganhos de produtividade através da elevada utilização da mão-de-obra e equipamento.

2.4.3 Gestão visual (*Andon*)

O sentido que os humanos mais e melhor utilizam para recolher informações é a visão. Assim essa capacidade para memorizar e interiorizar algo através da observação é explorada na gestão visual (Arantes, 2008).

Esta ferramenta consiste em reorganizar o local de trabalho de modo a estimular e melhorar a comunicação facilitando a colaboração entre as diferentes categorias de indivíduos de uma organização, através de uma comunicação simples, expressiva e precisa.

A função do *Andon* é, entre outras, ser capaz de mostrar o status da produção a toda a organização, através do sistema de gestão visual, informando que um problema existe e que é necessário resolvê-lo num tempo de resposta imediato (Jesus, 2012). É uma forma de gestão à vista de ocorrências e resultados no local de trabalho, apresentando-se na forma de quadros, sinalizadores sonoros ou visuais.

A gestão visual de um modo mais amplo pode também surgir de outras formas, tais como, cartões *kanban*, sombras de ferramentas, letreiros, avisos, marcas no solo, etc.

As principais vantagens desta ferramenta são: identificar e solucionar rapidamente problemas ocorridos; melhorar a efectividade da mão-de-obra; disponibilizar informação a todas as categorias da empresa; identificar gargalos; estabilizar o processo e eliminar interrupções no fluxo de informações.

2.4.4 TPM (*Total Productive Maintenance*)

Esta metodologia tem como objectivo envolver os operadores da produção na manutenção, explora o facto do operador ser quem melhor conhece a máquina e, portanto, aquele que pode proporcionar as melhores condições de prevenção de falhas.

Visa aumentar a disponibilidade e a eficácia do equipamento existente, através do esforço de melhoria e manutenção dos equipamentos ao nível ideal, por forma a reduzir o seu custo de ciclo de vida e o investimento em recursos humanos (Chan et al, 2005).

TPM é um sistema de manutenção definido pela Nakajima (1988) no Japão, que cobre toda a vida útil dos equipamentos em todas as suas áreas, incluindo planeamento, fabricação e manutenção. Ele descreve uma relação sinérgica entre todas as funções organizacionais, mas particularmente entre a produção e a manutenção para a melhoria contínua da qualidade do produto, eficiência operacional, segurança e capacidade (Chan et al, 2005).

De acordo com a Nakajima (1988), a palavra "*Total*" tem três significados:

1º - Eficácia total, procura de eficiência económica e rentabilidade.

2º - Sistema total de manutenção, inclui prevenção da manutenção, melhoria da manutenção e manutenção produtiva. Basicamente, esta refere-se a *design* 'livre de manutenção' através da incorporação de confiabilidade, capacidade de manutenção e características de suportabilidade para o projecto do equipamento.

3º - A participação total de todos os empregados, inclui manutenção autónoma por parte dos operadores. Essencialmente, a manutenção é realizada com o operador a ser responsabilizado pelo cuidado último do seu equipamento.

Em suma, o TPM pretende:

- Maximizar a eficácia e a eficiência dos recursos
- Melhorar a fiabilidade e a conservação;
- Optimizar o custo durante o ciclo de vida;
- Melhorar as competências dos funcionários;

2.4.5 Melhoria continua (*Kaizen*)

Esta metodologia procura no envolvimento dos colaboradores a melhoria continua, acredita que a perfeição não é possível de alcançar, logo é sempre possível melhorar.

Kaizen, é uma palavra de origem japonesa que significa melhoria contínua (*kai* - mudança; *zen* - bom ou para melhor). De acordo com Ohno, é uma metodologia baseada na identificação contínua de oportunidades de melhoria, focando-se na eliminação de desperdícios e na aplicação de soluções económicas, apoiadas na criatividade e motivação dos colaboradores (Jesus, 2012).

Esta metodologia envolve todos os processos, quer de produção, quer administrativos, bem como, todos os colaboradores de uma organização. Nesta metodologia, o ser humano é visto como o bem mais valioso das organizações, devendo ser estimulado a melhorar continuamente o seu trabalho, tendo como objectivo aumentar a produtividade da organização e simultaneamente a sua satisfação pessoal e profissional. Fomenta a ideia de que o trabalho colectivo prevalece sempre sobre o individual.

Consiste num evento multidisciplinar, integrando colaboradores de diversas áreas com o objectivo de encontrarem melhorias rápidas para problemas previamente identificados. Estes socorrem-se de outras ferramentas *lean*, como os diagramas *Ishikawa*, os 5 porquês, o *brainstorming*, as *Seven Ways*, entre outras, por forma a encontrarem soluções simples e criativas, de forma a minimizar os desperdícios.

Os objectivos de um projecto *kaizen* devem ser ambiciosos, orientados para o aumento da qualidade, melhoria da produtividade e redução do tempo de ciclo, tendo grande impacto no desempenho. Por princípio deverão dobrar o que é bom e reduzir para metade o que é mau.

2.5 Os benefícios do pensamento *lean*

Num mundo cada vez mais globalizado, de grande concorrência onde as organizações tentam obter ganhos de produtividade, é do maior interesse para qualquer organização produzir com eficiência, numa óptica de melhoria continua na procura da excelência. O envolvimento de todos os intervenientes da organização, na persecução desta filosofia, desde a gestão de topo aos colaboradores é de primordial importância.

As empresas que adoptaram o pensamento *lean*, por norma diminuem os seus níveis de *stock* e o tempo de ciclo em cerca de 50%. A adopção de um sistema baseado no pensamento *lean* não exige grandes investimentos em tecnologias de informação ou programas complexos. Os mais comumente citados benefícios relacionados com a adopção do pensamento *lean* são: a melhoria da produtividade do trabalho e a qualidade, juntamente com a redução no tempo de espera do cliente, tempo de ciclo e custos de produção (Shah and Ward, 2003).

Para Melton (2005), os benefícios já bem documentados na industrial automóvel são: a redução do tempo de entrega aos clientes, a redução de inventários, a melhoria da gestão do conhecimento e a robustez dos processos.

O pensamento *lean* tem como propósito eliminar o desperdício em todas as áreas da organização, desde a produção, às relações com clientes, à concepção, às redes de fornecedores e à gestão. Tem como finalidade incorporar menos esforço humano, inventário, tempo para desenvolver novos produtos e espaço, de forma a tornar a organização altamente reactiva às exigências dos clientes, produzindo produtos de alta qualidade, com maior eficiência e da maneira mais económica possível (Pavnaskar et al, 2003; Amin, 2013).

Desta forma, as organizações tornam-se flexíveis e adaptáveis às mudanças, competitivas e sustentáveis atraindo assim investidores e colaboradores, indo ao encontro das expectativas dos seus clientes.

Na figura 2.6 podemos encontrar de uma forma sumariada os principais benefícios do *lean*.

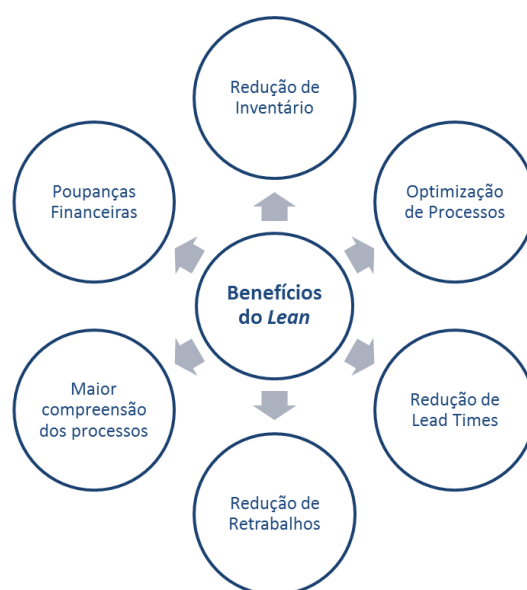


Figura 2.6 - Os benefícios do *lean* (adaptado de Melton, T., 2005, p.663)

2.6 Factores de constrangimento ao pensamento *lean*

Apesar das inúmeras vantagens quanto à implementação do pensamento *lean*, existem alguns factores de constrangimento à sua aplicação, onde a “resistência à mudança” impera. Empresas habituadas a trabalhar de acordo com outros sistemas preconcebidos há imensos anos e sem conseguir abordar novas ideologias, ficam presas a velhos hábitos, sem coragem para a inovação (Vieira, 2010).

Embora haja uma divulgação alargada dos benefícios do pensamento *lean* existem diversas razões e barreiras à sua implementação, muitas das vezes, estas mantêm-se indetectáveis ou permanecem subestimadas (Amin, 2013).

São muitas as empresas que ainda não o implementaram, podendo-se apontar algumas razões para este facto: as empresas não conhecem este modelo organizacional; não sabem como o implementar; consideram haver custos de investimento; não entendem os princípios *lean*; não tem apoio da gestão de topo; desconhecem os benefícios deste modelo, ou não sabem como os quantificar. Estas foram apontadas como os obstáculos à implementação do pensamento *lean* por empresas num inquérito realizado em Silva et al, (2010) (Maia et al, 2011). A figura 2.7 ilustra de uma forma resumida as principais fontes de incentivo à implementação do pensamento *lean* versus as principais fontes de resistência.

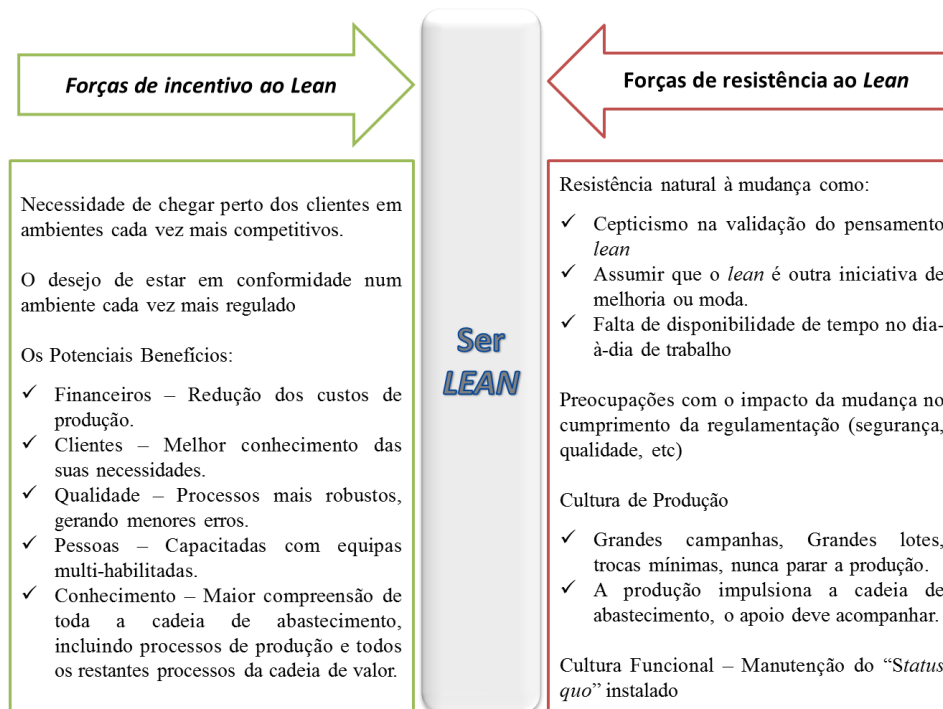


Figura 2.7 - Forças de incentivo e resistência ao *lean* (adaptado de Melton, T., 2005, p.664)

3 Modelos de avaliação *lean*

A avaliação consiste num processo complexo que requer escolhas, decisões, juízos e procedimentos, os quais se inscrevem em modelos que lhe dão forma e sentido. Falar de avaliação, implica falar dos pressupostos, das lógicas e dos actores nela implicados. Por outras palavras, implica reflexão e a explicitação de algumas questões pertinentes, tais como: Porquê avaliar? Para quê? Para quem? Para que tipo de decisões? (Flores, 2009).

A avaliação implica assim uma reflexão crítica e é através dela que se podem identificar dificuldades e avanços, proporcionando assim informação útil à tomada de decisão.

Clímaco (2005), refere o termo modelo quando os conteúdos da avaliação se caracterizam por constituir uma descrição generalizada ou conceptualizada do objecto a avaliar. Mas reforça que o termo pode ainda ser aplicado quando o modo de conduzir o processo de avaliação se rege por normas ou procedimentos que afectam o tipo de conhecimento que se produz.

Pallares and Buch (2007), consideram que mais do que modelos, existem determinadas orientações, estilos ou predisposições gerais que configuram um determinado enfoque de avaliação. Há assim a eleição de algumas dessas predisposições, pois não é crível que uma avaliação em concreto as considere todas em simultâneo.

Um modelo de avaliação explícito facilita a implementação de um sistema e o estudo do seu comportamento. Por isso, um modelo deve ser claro, objectivo e preciso.

Modelos de avaliação são assim importantes instrumentos de diagnóstico que procuram identificar as componentes do contexto, tendo como objectivo a representação dessa realidade. Existem por isso diversos tipos modelos de avaliação, modelos de avaliação de desempenho, modelos de avaliação escolar, modelos de avaliação da qualidade, modelos de avaliação de recursos humanos, modelos de avaliação *lean*, etc., tendo no entanto todos eles esse objectivo comum, a representação dessa realidade.

3.1 Tipos de modelos de avaliação *lean*

A produção *lean* cria uma vantagem competitiva sustentável tremenda (Womack et al, 1990) e a implementação do pensamento *lean* é usado como metodologia para ganhar essa vantagem competitiva, mas a falta de uma compreensão clara do que é o desempenho *lean* e a sua avaliação, é uma das razões para que programas de implementação do pensamento *lean* tenham falhado. Por outras palavras, não é possível administrar o pensamento *lean* sem que se meça o seu desempenho. (Behrouzi and Wong, 2011).

Para Harrington em (http://www.goodreads.com/author/show/42617.H_James_Harrington), a medição é o primeiro passo que conduz ao controlo e eventualmente à melhoria dos processos. Se não se medir, não se compreende. Se não se compreende, não se consegue controlar e se não se consegue controlar, não se conseguirá melhorar. Actualmente duas grandes questões se colocam na indústria: Como se pode implementar o pensamento *lean*? e Como poderá ser medido ou avaliado? (Mahfouz, 2011; Amin, 2013).

Ferramentas de avaliação *lean* de uma organização são assim elementos essenciais para o sucesso da abordagem *lean* do sistema, isto porque, orienta a organização no caminho da sua transformação numa empresa *lean*.

Para Saurin et al (2011), é de extrema importância a implementação da avaliação *lean* em estágios iniciais de práticas *lean*. Actualmente, muitas empresas numa óptica de melhoria contínua aplicam ferramentas e metodologias *lean*, no entanto e de acordo com Bashin and Burcher (2006), mais de 90% delas apresentam lacunas na avaliação da melhoria do desempenho, isto devido, à falta de compreensão e de modelos adequados para monitorizar, avaliar e comparar níveis de *lean* durante o processo de implementação (Behrouzi and Wong, 2011; Bhasin, 2011; Amin, 2013).

Podemos encontrar na literatura várias definições para o conceito “nível *lean*” ou *leanness* de uma organização. A título de exemplo Wan and Chen (2008), definem *leanness* como o nível de desempenho do fluxo de valor em comparação com a perfeição, ou ainda, segundo Bayou and Korvin (2008), *leanness* é a medida de implementação das práticas *lean*.

Para Vinodh and Cintha (2011), *leanness* é um indicador da eficiência da organização, pois tem foco na menor utilização dos *inputs*¹ para cumprimento dos objectivos da empresa, assim como na obtenção de melhores *outputs*².

Como crítica geral aos métodos de avaliação *lean* existentes, podemos constatar que cada método de avaliação centra-se apenas numa vertente do *lean* e não na sua globalidade. Enquanto alguns métodos concentram-se nas percepções dos empregados, utilizando uma abordagem qualitativa, Bhasin (2011); Doolen and Hacker (2005); Goodson (2002); Shah and Ward (2007); Fullerton and Wempe (2009); Soriano and Forrester (2002), outros utilizam várias métricas de desempenho em conjunto, criando uma avaliação quantitativa, Srinivasaraghavan and Allada (2006) Wan and Chen (2008); Levinson and Rerick (2002). No entanto, nenhum dos estudos existentes utiliza abordagens qualitativas e quantitativas em simultâneo (Pakdil and Leonard, 2014).

Alguns dos modelos apresentam uma avaliação qualitativa-quantitativa devendo-se este facto em grande parte ao uso de técnicas como a lógica difusa, encontrada em Zanjirchi et al (2010); Vinodh and Vimal (2012a) e Vinodh and Vimal (2012b).

De acordo com alguns autores (Wan and Chen, 2008; Amin, 2013), os métodos de avaliação *lean* podem ser categorizados em quatro grupos: Mapeamento Fluxo Valor (VSM), Ferramentas de Avaliação Qualitativa, Métricas de desempenho *lean* e Benchmarking.

3.1.1 Mapeamento fluxo valor (VSM)

O Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping* - VSM) é um método de diagnóstico desenvolvido por Rother and Shook (1998), que propõe o desenho de um diagrama representativo de todas as actividades de valor acrescentado e desperdícios envolvidos no fluxo de material e informação necessários à produção de um artigo ou à prestação de um serviço. O principal objectivo deste diagrama é conseguir uma visão global da cadeia de valor, identificar as actividades que agregam e não agregam valor, bem como as várias fontes de desperdício, desenvolvendo posteriormente acções de melhoria.

O mapeamento divide-se em 4 etapas:

¹ Input refere-se à quantidade física de recursos utilizados e aos seus custos.

² Output refere-se à qualidade e quantidade dos produtos vendidos e/ou serviços prestados aos clientes.

1ª Etapa: Seleccionar uma família de produtos que passem por etapas semelhantes de processamento e que utilizem processos e equipamentos similares, ou seja, constituída por produtos que usem tecnologias e processos de produção semelhantes.

2ª Etapa: Desenhar o estado actual, isto é, identificar todas as actividades envolvidas no fluxo de material e informação do estado actual do processo.

3ª Etapa: Desenhar o estado futuro, ou seja, com base nos desperdícios identificados no estado actual, desenhar o fluxo de material e informação desejáveis no futuro.

4ª Etapa: Definir um plano de trabalho no qual deverão constar as acções a implementar, objectivos, responsáveis e datas de implementação.

Rother e Shook (1999), usaram o VSM como forma de avaliar o nível *lean*, comparando o estado actual e futuro da cadeia de valor. Além da sua simplicidade, o ênfase foi colocado na avaliação com base no tempo, ou seja, a *performance* do sistema é demonstrada através de um horizonte de tempo, por exemplo, tempo de ciclo, tempo de *setup*, tempo de inventário (Mahfouz, 2011; Amin, 2013).

O VSM tornou-se um método essencial para a maioria das organizações praticantes do pensamento *lean*, no entanto e apesar da sua alta eficiência na clarificação do estado dos processos relativamente ao valor para o cliente, não é capaz de medir quantitativamente o nível global de *lean*, devido à ausência de uma medida integrada *lean* (Wan and Chen, 2008). Além disso, o VSM tem capacidades limitadas de representação do desempenho qualitativo dos processos, tais como, satisfação de clientes e capacidade de resposta dos fornecedores (Amin, 2013).

3.1.2 Ferramentas avaliação qualitativa

Ferramentas de avaliação qualitativa são mais eficientes em termos de medição do nível *lean* global, orientando os utilizadores através de uma estratégia de implementação *lean* (Jordan and Michel, 2001).

As ferramentas de avaliação qualitativa dependem de questionários de pesquisa que têm por base os princípios e práticas *lean*. As pontuações resultantes representam a diferença entre o estado actual do sistema e do estado ideal com base em indicadores *lean* predefinidos no questionário (Wan and Chen, 2008).

Estes modelos têm como grande vantagem descrever a percepção dos avaliadores perante determinada realidade e possibilitar avaliar atributos não quantificáveis, tais como flexibilidade de produção, no entanto trata-se de modelos subjectivos onde as conclusões são baseadas em julgamentos individuais.

O *Lean Aerospace Initiative* (LAI) do MIT, desenvolveu o *Lean Enterprise Self-Assessment Tool* (LESAT). De acordo com Amin (2013), esta é a mais popular técnica entre as ferramentas de avaliação *lean*. Baseada numa matriz de maturidade, a LESAT avalia o objectivo *lean* de uma empresa através três secções (transformação *lean* e liderança, ciclo de vida dos processos e infra-estruturas) e em cinquenta e quatro questões, isto é, práticas *lean* ou atributos (Nightingale and Mize, 2002).

Karlsson e Ahlström (1997) apresentam um método com nove princípios: eliminação de desperdícios, melhoria contínua, zero defeitos, *Just in Time* (JIT), sistema puxado, equipas multifuncionais, responsabilidades descentralizadas, funções integradas e sistemas de informação vertical. Cada princípio tem um conjunto de atributos que avaliam a extensão da adopção, reflectindo as mudanças com a implementação do *lean* (Walter and Tubino, 2013).

A estrutura do método de avaliação de Sánchez e Pérez (2001) é uma lista de verificação composta por seis princípios desdobrados em trinta e seis atributos. Os seis princípios são: eliminação das actividades que não agregam valor, melhoria contínua, equipas multifuncionais, *Just in Time* (JIT), integração de fornecedores e sistema de informação flexível (Walter and Tubino, 2013).

Goodson (2002), apresenta o *Rapid Assessment Plant* (RPA). Este método considera que numa visita rápida ao chão de fábrica é possível determinar se uma empresa é realmente *lean* ou não. O RPA apresenta onze categorias e o questionário dispõe de vinte perguntas para determinar se a empresa utiliza ou não melhores práticas *lean*.

Soriano and Forrester (2002), usaram os dados recolhidos directamente de questionários de pesquisa para medir duas variáveis dependentes e nove variáveis independentes associadas ao *lean*. O grau de adopção de práticas *lean* foi decidido de forma intuitiva usando uma escala de pontuação com sete níveis .

Doolen e Hacker (2005), também utilizaram os dados recolhidos directamente de questionários de pesquisa para medir seis áreas de impacto com base em trinta atributos. O

grau de *lean* foi obtido simplesmente através do cálculo da pontuação média dada pelos entrevistados. Doolen e Hacker não consideraram assim o preconceito e a imprecisão da percepção humana na avaliação (Susilawati et al, 2015).

Shah e Ward (2007), desenvolveram um modelo de medição operacional identificando as dez dimensões mais relevantes da produção *lean*. Três avaliam o envolvimento dos fornecedores, uma avalia o cliente e as restantes a organização. Estas dimensões são compostas por quarenta e oito práticas *lean* ou atributos.

Bashin (2011), propõe um modelo cujo objectivo é identificar com precisão o que se entende pelo termo, "uma verdadeira organização *lean*" através da aplicação de uma auditoria *lean* abrangente. O modelo é composto por 104 atributos divididos por doze categorias: Segurança, limpeza e organização, Fluxo de produção e de operação, Processo e operações, Gestão visual, Qualidade, Melhoria Contínua, estratégia de mudança *lean*, Sustentabilidade do *lean*, , Cultura Colaboradores, Cultura organizacional, *Lean* como um negócio e Filosofia *lean*.

Em termos gerais todos os modelos acima partilham da fraqueza dos questionários, isto é, a subjectividade dos julgamentos individuais (Wan and Chen, 2008), além de que um conjunto fixo de práticas *lean* pode não encaixar na perfeição em todos os sistemas (Wan and Chen, 2006).

Para Zanjirchi et al (2010), métodos de avaliação baseados puramente na percepção humana não são fiáveis.

3.1.3 Métricas de desempenho *lean*

As métricas de desempenho *lean* são utilizadas para determinar quantitativamente o nível *lean* de uma organização baseando-se no desempenho real das mesmas (Nightingale and Mize, 2002). Devem possuir no entanto algumas propriedades básicas como: ser mensuráveis e estar em linha com os objectivos estratégicos da empresa e do valor para o cliente; devem permitir o controlo da avaliação de desempenho; devem ajudar a compreender o cenário actual na identificação de oportunidades de melhoria, e por fim, devem ser actualizáveis e realistas (Srinivasaraghavan and Allada, 2006).

Allen et al (2001), classificaram as métricas de desempenho *lean* em: produtividade, qualidade, custos e segurança. Todavia, para Amin (2013), a qualidade é uma medida qualitativa, uma vez que não se restringe apenas a defeitos de produção, mas engloba também a percepção de qualidade.

Detty e Yingling (2000), utilizaram modelos de simulação com vários indicadores de desempenho por forma a quantificar os potenciais benefícios da implementação *lean*.

A Eficiência do Ciclo de Manufatura (*Manufacturing Cycle Efficiency* - MCE) é um índice *lean* para medição da redução do tempo de ciclo, comparando o tempo de valor acrescentado com o total do tempo de ciclo, mostrando assim a eficiência do processo (Levinson and Rerick, 2002). O MCE é usado para representar o nível *lean* em termos de desempenho no tempo.

Segundo Forgarty (1992), o MCE exagera em termos da eficiência da produção, propondo a eficiência do valor acrescentado (*Value Added Efficiency* – VAE), que segundo ele fornece um resultado mais realista. No entanto, estes dois factores não são suficientes para representar o nível global *lean*, uma vez que não têm em conta outros factores como custos, satisfação clientes e responsabilidades de fornecedores (Amin, 2013).

Para Katayama and Bennett (1999), a produtividade do trabalho é muitas vezes usada como medida para determinar o nível *lean* de uma organização, no entanto, este método não tem em conta outros benefícios do *lean*, além de que, pressupõe ou sugere elevados níveis de automação, aumentando assim os custos fixos das empresas, tornando-as igualmente menos adaptáveis às alterações da procura.

Wan and Chen (2008), afirmaram que de um modo geral um conjunto de indicadores ou métricas são necessárias para obter o nível global *lean* de uma organização, uma vez que cada indicador contribui de forma parcial, sendo igualmente difícil sintetizar num grupo de indicadores uma única métrica *lean* integrada devido às diferentes naturezas dos indicadores, além de que, nem todos os indicadores ou métricas são compreendidas sem *benchmarking*. Por exemplo a rotação de inventário que a Toyota obteve em 2004 foi 12.5, a Wall Mark 7.7 em 2003 e a Dell 88 em 2005 (Schonberger, 2005). As três companhias estão entre as melhores no seu segmento, no entanto os números relativos à rotação de inventário diferem substancialmente.

3.1.4 Benchmarking

Para Wan and Chen (2008), uma metodologia de *benchmarking* é necessária de forma a obter um valor que represente o nível global *lean* de uma organização, isto porque apesar de métricas de desempenho *lean* terem sido desenvolvidos para incluir os princípios *lean* críticos, um conjunto fixo de práticas *lean* pode não encaixar na perfeição em todos os sistemas (Wan and Chen, 2006). Desta forma, vários autores têm utilizado a abordagem de *benchmarking* para medir quantitativamente o nível *lean* de uma organização, comparando o estado actual do sistema com o *benchmarked* realizado (Amin, 2013).

Wang and Chen (2008), desenvolveram um modelo com base na abordagem *Data Envelopment Analysis* (DEA), quantificando o nível global *lean* baseando-se num valor de referência *lean* e tendo como critérios, o tempo, os custos e o valor agregado. A abordagem DEA é capaz de analisar múltiplas variáveis de entrada e saída, tendo como resultado um valor entre 0 (menos eficiente) e 1 (mais eficiente). No entanto, os autores focaram-se apenas no desempenho temporal, não incluindo desperdícios como: excedentes de inventário, custos de transporte ou defeitos (Amin, 2013).

O método desenvolvido por Gurumurthy and Kodali (2009), propõe avaliar onde se posiciona uma empresa que está a implementar ou já implementou o pensamento ou filosofia *lean* quando comparada com outras organizações consideradas as melhores do seu segmento. A avaliação do estado actual é feita através de 65 elementos *lean* e 90 atributos de desempenho relacionados com o pensamento *lean* (Walter and Tubino, 2013).

Srinivasaraghavan, J. and Allada (2006), avaliam o nível *lean* por meio da distância de *Mahalanobis*, propõem o *Mahalanobis Taguchi Gram Schimdt system* (MTGS) utilizando cinco variáveis: taxa entre a procura máxima e procura mínima anual, tempo de *setup*; percentagem de sucata relativamente às vendas; percentagem de entregas em dia e número de eventos *kaizen* por ano. Trata-se de uma metodologia complementar para auxiliar as ferramentas *lean*, cujo resultado fornece uma medida quantitativa do nível *lean* da organização comparada com outras indústrias *lean* exemplares do seu segmento.

No entanto e apesar do *benchmarking* ser útil para comparação de uma empresa com seus concorrentes, comporta alguns desafios.

Muitas vezes não é fácil encontrar os melhores do seu segmento ou ramo de actividade, bem como, aceder aos seus indicadores de desempenho, além de que existem outros factores de desempenho que variam de organização para organização, como, factores culturais, sociais, económicos, etc., pelo que pode ser inapropriado comparar duas organizações com factores de desempenho diferentes (Behrouzi and Wong, 2011).

Modelos Avaliação *lean* através da lógica difusa

Bayou e Korvin (2008), desenvolveram uma metodologia que utiliza a lógica difusa através de *benchmarking*, de forma a calcular o nível *lean* de uma organização, uma vez que segundo os autores, o *lean* é uma questão de grau. Eles compararam a produção da *Ford Motor Company* com a da *General Motors Company*, tendo como referencia a *Honda Company*. Possuindo como atributos *lean*, o *Just In Time* (JIT), o *Kaizen* e a Qualidade, os resultados demonstraram que o sistema da Ford é 17% mais *lean* que o da *General Motors*.

Vinoth and Chintha (2011), apresentaram um modelo para determinar o nível *lean* de uma organização baseado na lógica difusa *multi-grade*. O sistema é composto por três níveis, no primeiro nível estão cinco habilitadores (responsabilidade da gestão, administração da produção, força de trabalho, tecnologia e estratégia de produção), no segundo nível vinte critérios *lean* e por ultimo o terceiro é composto por diversos atributos *lean*.

Behrouzi and Wong (2011), propõem um modelo constituído por dois atributos *lean* (Eliminação de desperdícios e JIT) e quatro categorias de desempenho (Qualidade, Custos, Tempo e entregas), cujo valor de desempenho é obtido através de oito indicadores.

Zanjirchi et al (2010), propuseram igualmente uma abordagem para determinar o nível *lean* de uma organização através da lógica difusa. O modelo está estruturado em três níveis. O primeiro nível é composto por três dimensões (Fornecedores, Clientes e Organização), no segundo nível estão dez subdimensões (três para a dimensão fornecedores, um para a dimensão clientes e seis para a dimensão organização), e por fim no terceiro nível estão quarenta e oito atributos ou práticas *lean* respeitantes a cada uma das subdimensões.

Similarmente, Vinodh and Vimal (2012b), apresentam um modelo constituído por três níveis denominados habilitadores, critérios e atributos *lean*. O modelo foi validado por meio de um estudo de caso numa indústria de material eléctrico. Foi avaliada a classificação de desempenho *lean* da organização por meio de variáveis qualitativas determinando o *Fuzzy*

Leanness Index (FLI) e o *Fuzzy Performance Importance Index* (FPII). O FLI mede o nível *lean* da organização, enquanto que o FPII os obstáculos à melhoria do nível *lean*.

Pakdil and Leonard (2014), desenvolveram o LAT (*Leanness Assess Tool*) que conjuga a avaliação quantitativa (directamente mensurável e objectiva) e a avaliação qualitativa (percepção dos indivíduos) através de oito dimensões de desempenho quantitativas: Tempo de eficácia, Qualidade, Processos, Custos, Recursos humanos, Prazo de entrega, Clientes e Inventário, e cinco dimensões de desempenho qualitativas: Qualidade, Processo, Clientes, Recursos humanos e Entrega.

A desvantagem destes métodos é que métodos avançados de lógica difusa ainda não foram explorados (Vinodh and Vimal, 2012a).

A tabela 3.1 apresenta um resumo de alguns dos métodos de avaliação *lean* disponíveis, bem como as suas forças e fraquezas.

Tabela 3.1 - Resumo modelos de avaliação *lean* (adaptado de Mahfouz, 2011, p.48)

Categoria	Modelo Avaliação <i>Lean</i>	Autores	Tipo	Forças	Fraquezas
Mapeamento Fluxo Valor (VSM)	Abordagem Mapeamento Fluxo Valor	(Hines & Rich, 1997a), (Rother & Shook, 1998)	Qualitativo	Ferramenta efectiva de mapeamento com foco na criação de fluxo contínuo	Métrica focada num desempenho específico não avaliando o nível global.
Ferramentas Avaliação <i>Lean</i>	LESAT Karlsson e Ahlström Model Chinese Hi-Tech Model Balanced Score Card Shah e Ward Model RPA Model Bashin Model Doolen and Hacker Model Soriano-Meier and Forrester Model	(Nightingale & Mize, 2002) (Karlsson e Ahlström, 1997) (Taj, 2005) (Sanchez & Pérez, 2001) (Shah & Ward, 2007) (Goodson, 2002) (Bashin, 2011) (Doolen and Hacker, 2005) (Soriano-Meier and Forrester 2002)	Qualitativo	Conseguem avaliar o nível global <i>lean</i> estruturadas em diferentes construções <i>lean</i> (Pessoas, operações, qualidade, fornecedores e clientes)	As conclusões são subjectivas e baseadas em julgamentos individuais
Métricas <i>lean</i>	Manufacturing Cycle Efficiency Model Discrete Event Simulation Value Added Index Labour Productivity	(Levinson & Rerick, 2002) (Detty & Yingling, 2000) (Fogarty, 1992) (Hiroshi K. & Bennett, D. 1999)	Quantitativo	Avaliam o nível global <i>lean</i> baseadas no desempenho actual.	Um grupo integrado de métricas é necessário para medir o nível <i>lean</i> global. Sintetizar várias métricas numa única medida <i>lean</i> é difícil devido às diferentes naturezas e unidades de medida.
Benchmarking	Data Envelopment Analysis Mahalanobis Taguchi G. S. Systems Fuzzy Logic Methodology Bechmarking <i>Lean</i> Assessment	(Wan & Chen, 2008) (Srinivassaraghavan & Allada, 2006); (Bayou & de Korvin, 2008) (Vinodh & Chintha, 2011) (Vinodh & Vimal, 2012a) (Vinodh & Vimal, 2012b) (Zanjirchi et al, 2010) (Behrouzi & Wong, 2011) (Pakdil F e Leonard K. 2014); (Gurumurthy & Kodali, 2009)	Quantitativo	Mede quantitativamente o nível global <i>lean</i> comparando o estado do sistema com o desempenho de benchmarking	Avaliação de desempenho exemplar necessita ser efectuada com parceiros e competidores. Além disso, o resultado depende bastante da qualidade do padrão de referência.

3.2 Síntese

A maioria dos investigadores tem consciência que a transformação das empresas para o pensamento ou filosofia *lean* requer um grande esforço, participação de todos os níveis hierárquicos da empresa, introdução de novos princípios, quer a nível cultural, quer a nível estrutural. Muitas ferramentas *lean* foram concebidas, no entanto não existe uma metodologia estruturada para selecção e implementação de estratégias que ajudem as empresas na percepção dos benefícios da implementação da filosofia *lean* (Amin, 2013).

Instrumentos de avaliação do grau de implementação do pensamento *lean* determinam o estado actual de um sistema e contribuem para a criação de planos de acção.

A revisão da literatura revela que várias abordagens de avaliação *lean* foram já efectuadas (VSM, Avaliação Qualitativa, Métricas de Desempenho e Benchmarking), todas elas com vantagens e inconvenientes.

O VSM fornece uma visão global da cadeia de valor, identificando as actividades que agregam e não agregam valor, no entanto por si só, o VSM é incapaz de fornecer um nível global *lean* da organização, além de que não tem em conta alguns factores como satisfação de clientes e a capacidade de resposta dos fornecedores.

Métodos de avaliação qualitativa são mais eficientes em termos de medição do nível *lean* global de uma organização, apresentam no entanto subjectividade devido à natureza da sua avaliação, uma vez que se concentram na percepção dos indivíduos.

As métricas de desempenho são objectivas e mensuráveis, têm todavia como desafio sintetizar numa única métrica integral um conjunto de indicadores de diferentes naturezas e com diferentes unidades de medida, apresentando como grande desvantagem a dificuldade em criar indicadores de desempenho para atributos não quantificáveis, como por exemplo a flexibilidade de produção.

O *benchmarking* pode revelar dificuldade de acesso a indicadores de desempenho de outras organizações concorrentes no mesmo segmento, ainda assim é um modelo proposto por diversos autores, uma vez que compara o estado actual de uma organização com o *benchmarked* realizado.

4 Proposta do modelo conceptual de avaliação *lean*

Medir o desempenho é uma das fases mais difíceis da gestão do processo, no entanto garante decisões baseadas em factos e não em emoções. Garante a possibilidade de aliar o desempenho às necessidades dos clientes e esse é um dos aspectos mais eficazes da gestão de processos (Costa, 2007).

As lacunas encontradas poderão ser utilizadas para determinar oportunidades estratégicas de melhoria, tais como, melhorias relacionadas com a origem dos dados, erros, defeitos, oportunidades de optimização, entre outros. Se não medirmos não saberemos como estamos, e se não compararmos, não saberemos se estamos a melhorar ou a piorar relativamente a um determinado referencial.

Assim e no sentido de satisfazer o princípio de que “*não podemos melhorar o que não medimos*”, é importante sermos capazes de avaliar facilmente os actuais níveis de desempenho, por forma a garantir que factores devem ser considerados como críticos, por forma a obterem-se melhorias (Amin, 2013).

Para Wang and Chen (2009), uma ferramenta eficaz para avaliação da implementação do pensamento *lean* deve possuir, entre outras, as seguintes características:

- 1 - Captar o *status* actual do sistema
- 2 - Identificar as áreas com maior necessidade de melhoria.
- 3 - Fornecer orientações para acções de melhoria.
- 4 - Fornecer indicadores de desempenho quantitativos que possam ser monitorizados e comparados com registos anteriores de desempenho ou outros sistemas.
- 5 - Possa ser actualizável quer nos indicadores, quer nos critérios de avaliação, em resposta às estratégias gestão.
- 6 - Seja simples de usar e manter.

4.1 Selecção de critérios de avaliação

4.1.1 Tipo de modelo

A primeira questão que se colocou face à revisão da literatura e aos diferentes tipos de modelos de avaliação *lean* aí encontrados, foi: Deve-se optar por um modelo do tipo qualitativo ou um modelo do tipo quantitativo?

Múltiplos instrumentos de avaliação foram projectados para medir diferentes aspectos da implementação do pensamento *lean*. Enquanto alguns estudos existentes medem o nível *lean* através de avaliações de percepção, ou seja, utilizando uma abordagem qualitativa, outros utilizam uma abordagem quantitativa.

Embora a avaliação quantitativa seja objectiva e tenda a resultar num nível de desempenho preciso e aceitável, a avaliação qualitativa reflecte as percepções das partes interessadas no contexto da empresa, podendo criar diferentes perspectivas de avaliação.

Todas as abordagens apresentam vantagens, mas também alguns inconvenientes, pelo que o desafio passa pela concepção de um modelo que consiga conjugar os benefícios dos vários modelos apresentados, ou seja a avaliação quantitativa, objectiva e mensurável, com uma avaliação qualitativa que reflecta as percepções das partes interessadas no contexto da organização, e a partir daí extrair indicadores de desempenho *lean* da organização que possam ser comparados com outras organizações de referencia no seu segmento ou ramo de actividade.

Deste modo e tendo por base as características enumeradas por Wang and Chen (2009), optou-se pelo desenvolvimento de um modelo do tipo qualitativo-quantitativo por parecer ser o modelo mais adequado ao contexto da empresa, uma vez que parte de uma avaliação qualitativa que considera a percepção das partes interessadas e a traduz numa avaliação quantitativa e comparável.

Além disso, o modelo que a empresa actualmente dispõe para determinar o seu desempenho *lean*, é um modelo do tipo qualitativo, idêntico ao LESAT, pelo que foi mais um desafio a considerar, por forma a ser possível comparar a *performance* de ambos face a uma mesma realidade. Um modelo do tipo qualitativo com um modelo do tipo qualitativo-quantitativo.

4.1.2 Método análise e tratamento informação

Determinado o tipo do modelo haveria agora necessidade de definir o método de análise e tratamento de informação mais adequado.

Analisados os modelos de avaliação *lean*, diversos métodos de análise e tratamento de informação foram utilizados, entre eles, o probabilístico, o binário clássico, a lógica difusa, entre outros, como por exemplo a distância *Mahalanobis* que não serão analisados neste capítulo, uma vez que não são aplicáveis ao tipo de modelo já definido (Qualitativo-Quantitativo).

A abordagem para a apresentação e comparação dos diversos métodos não é delinear um sistema matricial, mas sim, estabelecer uma comparação dos fundamentos de cada um dos métodos, apontando diferenças, vantagens e desvantagens.

Binário clássico (Booleano)

O método binário clássico tem como princípio matemático a lógica booleana. A lógica booleana é um sistema binário no qual existem somente dois valores possíveis para qualquer símbolo algébrico: 1 ou 0, verdadeiro ou falso.

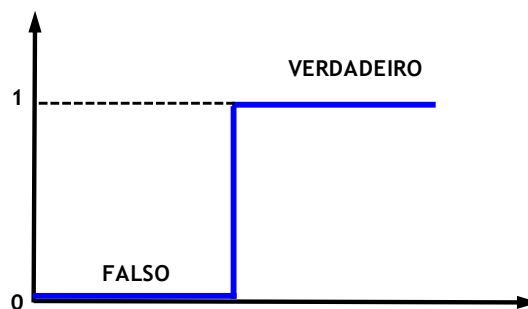


Figura 4.1 - Lógica Booleana

Este método é bastante usado em ferramentas de avaliação qualitativa, uma vez que estas têm por base questionários de pesquisa, nos quais os avaliadores verificam se um determinado atributo é ou não cumprido, como é o caso do modelo actualmente em vigor na empresa onde decorreu este estudo.

Apesar deste método incorporar a percepção dos avaliadores perante determinada realidade e possibilitar avaliar atributos não quantificáveis, apresenta como grande desvantagem não ser possível descrever determinada realidade utilizando apenas os seus extremos, ou seja, o

verdadeiro e o falso, pois existem casos de implementação parcial de práticas *lean*, em que nem tudo foi implementado, mas já existe algum caminho percorrido, além de que é um método não quantitativo e subjectivo, pelo que foi rejeitado face ao tipo de modelo seleccionado.

Escalas de pontuação

Diversas técnicas de cálculo e simulação foram desenvolvidas por forma a consolidar num único índice diferentes indicadores de desempenho.

Este tipo de método permite uma maior flexibilidade na combinação de indicadores do que o método booleano. Permite reajustes mediante o tipo e estratégia de cada organização, segundo os pesos de importância definidos para cada atributo. É um método que pode ser utilizado quer em questionários pesquisas, quer na combinação de indicadores de desempenho.

A escala de Likert originalmente introduzida por Rensis Likert em 1932, é a escala psicométrica mais amplamente utilizada nas pesquisas de opinião (Qing, L. 2013). É solicitado aos avaliadores que indiquem o seu nível de concordância com uma determinada declaração. Por exemplo para uma escala de 5 níveis, cada ponto da escala poderá ser rotulada do seguinte modo: 1 = discordo totalmente, 2 = discordo, 3 = nem discordo nem concordo, 4 = Concordo; 5 = Concordo totalmente.

A figura 4.2 ilustra a representação gráfica da função de distribuição de uma pesquisa utilizando uma escala de pontuação de cinco níveis.

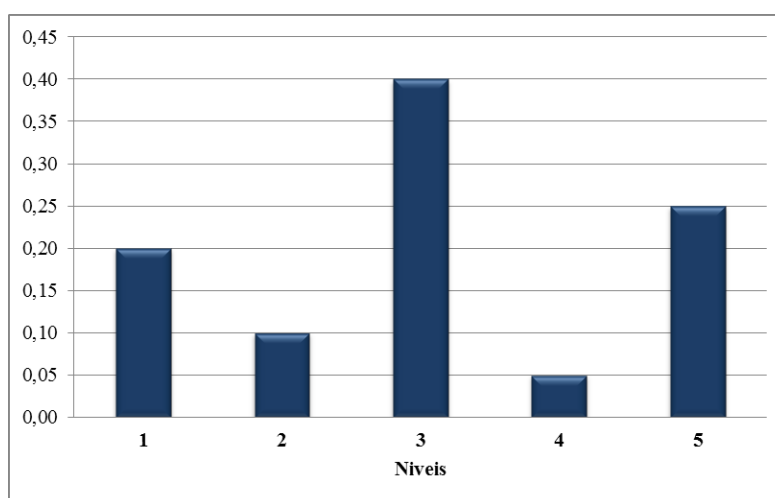


Figura 4.2 – Representação gráfica da função de distribuição de uma escala de pontuação de 5 níveis

Escalas de pontuação têm sido amplamente utilizadas para medir atributos observáveis em diversas áreas das ciências sociais. Exemplos incluem: comportamento organizacional, satisfação da qualidade, eficácia de medicamentos, atitudes de clientes (Qing, L. 2013).

A popularidade do método deve-se a vários factos: Em primeiro lugar, uma escala de pontuação pode ser facilmente construída e modificada. Em segundo lugar, os resultados numéricos de medição podem ser utilizados directamente para inferência estatística. Por último, mas não menos importante, as medições numa escala de pontuação demonstraram uma boa confiabilidade.

Apesar destas vantagens, apresentam no entanto alguns pontos fracos. Um dos principais problemas vem do debate sobre se uma escala de Likert é ordinal ou se se trata de um intervalo (Jamieson, 2004). Embora o próprio Rensis Likert tenha assumido que o método qualifica um intervalo, muitos consideram uma escala ordinal (Hodge and Gillespie, 2003). Conforme Cohen et al (2000) argumentaram, é ilegítimo supor que a intensidade do sentimento entre "discordo totalmente" e "discordo" é equivalente à intensidade do sentimento entre as outras categorias consecutivas da escala. Uma escala pontuação típica pode medir as ordens das respostas, mas nada diz sobre os intervalos entre as respostas (Qing, L. 2013), o que leva a perda de informação durante a medição e consequente distorção da informação nos resultados posteriores. Por exemplo, para um determinado atributo o valor obtido com a média das respostas foi 3.5, se considerarmos o valor 3 como “parcialmente implementado” e o valor 4 como “Completamente implementado”, o resultado sofre de grande imprecisão.

Outra fraqueza da escala de pontuação vem da resposta em formato fechado (Hodge and Gillespie, 2003). Os inquiridos são obrigados a fazer uma escolha entre as opções dadas que podem não coincidir exactamente com as suas opiniões. Têm que seleccionar uma resposta a partir de uma gama de respostas que podem ser insuficientes ou responder a uma 'aceitável' disponível de entre as opções, o que agrava ainda mais o problema da distorção de informações (Qing, L. 2013). Outro dos desafios, é a alta subjectividade da quantificação de factores qualitativos. Uma das críticas que podemos encontrar na literatura, é que uma escala de pontuação não deve ser utilizada para avaliação *lean*, isto porque segundo Doolen and Haker (2005), ela é descrita em termos linguísticos que são caracterizados pela ambiguidade e multi-possibilidade.

O uso de técnicas de pontuação tem sido por isso criticado na literatura, porque sofre de certas limitações.

Lógica difusa (*Fuzzy Sets*)

A lógica difusa também conhecida como lógica nebulosa, foi introduzida na década de 60 por Lofti Zadeh, com o artigo *Fuzzy Sets* (Zadeh, 1965).

Na base do desenvolvimento desta teoria, esteve a capacidade humana para executar uma ampla variedade de tarefas físicas e mentais, sem quaisquer medições, como estacionar um carro, jogar golfe, compreender a fala e resumir uma história. Esta habilidade é a capacidade fundamental do cérebro para manipular as percepções, a percepção de tamanho, de distância, de peso, de velocidade, de tempo, de direcção, de cheiro, de cor, de forma, de força, de probabilidade, da verdade e da intenção, entre outras. A imprecisão das percepções reflecte a capacidade finita de órgãos sensoriais e do cérebro para resolver e armazenar informações (Zadeh, 2002).

É uma teoria lógica matemática que permite lidar com a ambiguidade e a imprecisão do julgamento humano, sendo expressa através de conjuntos difusos (Zadeh, 2002). Segundo Zadeh (1965), o que diferencia a lógica difusa da lógica booleana, é a sua capacidade de se aproximar ao mundo real, onde não existem somente respostas verdadeiras ou falsas.

Em contraste com a lógica booleana, onde existem apenas “brancos” e “pretos”, a lógica difusa pode ser pensada como a lógica onde coexistem várias tonalidades de cinzento expressas entre 0 e 1 (Martins, 2014).

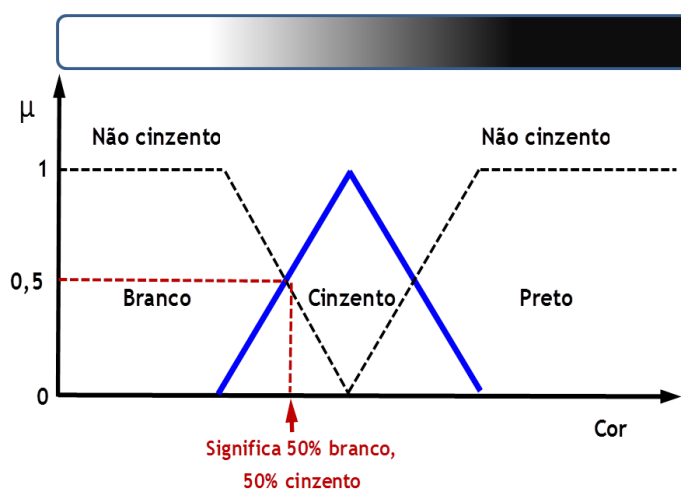


Figura 4.3 - Representação de um conjunto difuso

A lógica difusa visa assim modelar modos de raciocínio imprecisos, tendo os casos precisos como situações limite. É uma técnica baseada em graus de pertença em que os valores 0 e 1, ficam nas extremidades, incluindo os vários estados entre 0 e 1. Pode ser definida como a lógica que suporta modos de raciocínio aproximados, ao invés de exactos.

Comparativamente com o método de probabilístico, onde existe um grau de crença ou grau de probabilidade de ser, no método difuso existe um grau de verdade ou grau de pertença.

Este método tem sido amplamente usado para representar valores não estatísticos, incertos e linguísticos (Behrouzi and Wong, 2011). Tem assim como grande vantagem, ser uma lógica multivalorada capaz de lidar com informações vagas, em geral descritas em linguagem natural e convertê-las em formato numérico, sendo por esse facto, a mais adequada para modelos do tipo qualitativo-quantitativo, e por isso a escolhida como método de análise e tratamento de informação para o modelo proposto.

A grande vantagem desta teoria vem da sua característica em conseguir combinar análises qualitativas e quantitativas num único algoritmo. Fornece assim uma poderosa ferramenta matemática que é meia-verbal-conceitual e semi-matemática-analítica.

Na área do pensamento *lean* a lógica difusa tem sido geralmente utilizada para melhorar o desempenho das operações e na medição do desempenho das organizações. Em termos de modelos de avaliação de desempenho, a abordagem difusa pretende resolver a imprecisão dos preconceitos pessoais e problemas de julgamento subjectivos (Susilawati et al, 2015).

A figura 4.4 mostra a arquitectura de um sistema difusa

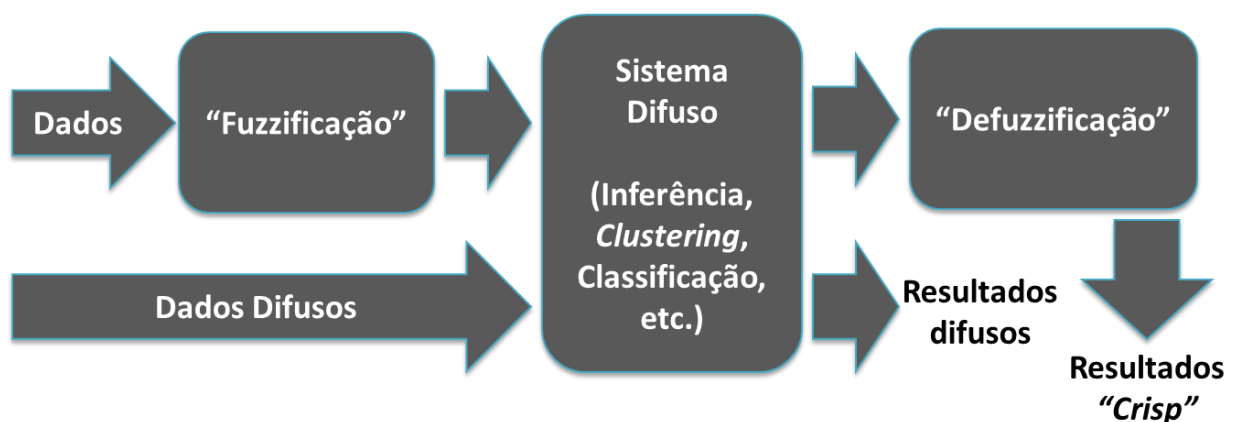


Figura 4.4 - Sistema difuso (adaptado de Lobo, V. (2010)

4.1.3 Conjuntos Difusos

Seja X um conjunto de objectos chamado universo, cujos elementos são indicados por x . Um subconjunto difuso A em X é caracterizado por uma função $f_A(X)$, que está associada a cada elemento x em X , e a um número real no intervalo $[0,1]$. O valor da função $f_A(X)$ representa o grau de pertença de x em A .

Um subconjunto difuso A é chamado de um número difuso (real), se A é convexo e normalizado, existe exactamente um número real com um $f_A(a) = 1$.

Existem diversas formas de representação de conjuntos difusos, geralmente são utilizadas funções de pertença ao conjunto difuso, triangulares ou trapezoidais, conforme representado na Figura 4.4. No entanto, neste trabalho será utilizada a representação triangular, uma vez que é a que melhor se adequa ao caso de estudo.

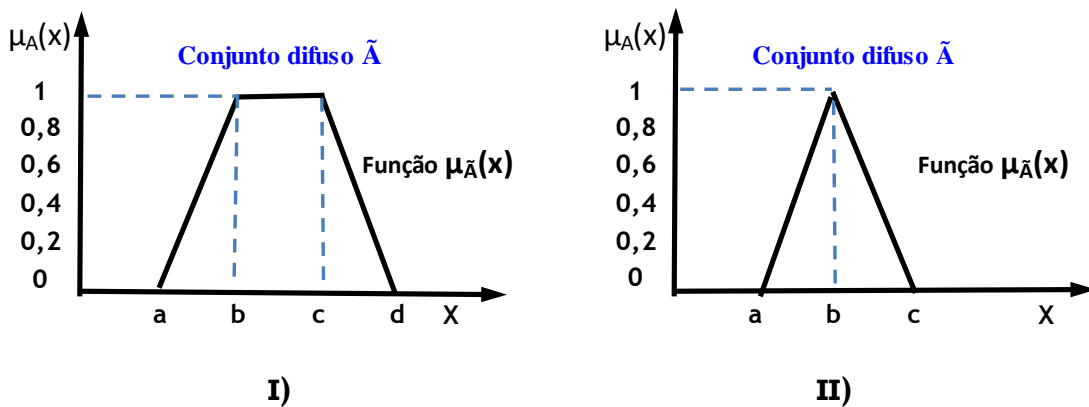


Figura 4.5 – Representação gráfica conjunto difuso trapezoidal I) e triangular II)

Se $x, a, b, c \in R$; um conjunto difuso triangular é um conjunto difuso A em R ; em que $f_A: R \rightarrow [0,1]$, em que a sua função de pertença poderá ser expressa da seguinte forma:

$$f_A(X) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{x-c}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (1)$$

A função de pertença triangular, correspondente a determinado conjunto difuso, é parametrizada pelo triplete $A=(a,b,c)$. O parâmetro 'b' representa o valor máximo de $f_A(X)$, isto é, $f_A(b) = 1$. Os parâmetros 'a' e 'c' são os limites inferior e superior da área disponível

para os dados de avaliação (Abreu et al, 2015). Por exemplo, o conjunto triangular difuso que represente " *perto de 5* ", pode ser representado por $A = (3,5,7)$.

Operações aritméticas com números difusos

Seja A_1 e A_2 , dois conjuntos triangulares difusos, onde $A_1=(a_1,b_1,c_1)$ e $A_2=(a_2,b_2,c_2)$. De acordo com o princípio da extensão, as operações de adição, subtração e multiplicação de A_1 e A_2 são definidas da seguinte forma:

Adição:

$$\begin{aligned} A_1 + A_2 &= (a_1; b_1; c_1) + (a_2; b_2; c_2) \\ &= (a_1 + a_2; b_1 + b_2; c_1 + c_2). \end{aligned} \tag{2}$$

Subtração:

$$\begin{aligned} A_1 - A_2 &= (a_1; b_1; c_1) - (a_2; b_2; c_2) \\ &= (a_1 - a_2; b_1 - b_2; c_1 - c_2). \end{aligned} \tag{3}$$

Multiplicação:

$$\begin{aligned} A_1 \times A_2 &= (a_1; b_1; c_1) \times (a_2; b_2; c_2) \\ &= (a_1 \times a_2; b_1 \times b_2; c_1 \times c_2). \end{aligned} \tag{4}$$

4.2 Modelo avaliação *lean* proposto

O modelo desenvolvido utiliza o conceito da lógica difusa recorrendo a uma função triangular de modo a permitir integrar ambas as vertentes da avaliação de desempenho, quer as quantitativas, quer as qualitativas num único índice, bem como, ser um modelo compatível com a ambiguidade e incerteza da avaliação humana.

Tem por base as características enumeradas por Wang and Chen (2009), pretendendo assim captar o *status* actual do sistema; identificar as áreas com maior necessidade de melhoria; fornecer indicadores de desempenho quantitativos que possam ser monitorizados e comparados com registos anteriores ou outros sistemas; possa ser actualizável quer nos

indicadores, quer nos critérios de avaliação em resposta às estratégias gestão, e por fim, seja simples de usar e manter.

O modelo compreende os seguintes elementos:

- Estrutura do modelo – Definição de critérios, dimensões e atributos de avaliação.
- Definição das variáveis linguísticas e funções de pertença
- Indicadores de desempenho *lean* da organização
- Identificar os principais constrangimentos à melhoria do desempenho *lean*

4.2.1 Estrutura do modelo

Critérios de desempenho

Para o desenvolvimento de um índice integrado de “*leanness*”, primeiro que tudo necessitamos entender os indicadores que são utilizados para medir esse “nível *lean*”, por outras palavras, quais são os critérios para avaliar o desempenho (Amin, 2013).

Diferentes tipos de modelos de avaliação *lean* e conjunto de critérios de desempenho têm sido propostos por diferentes investigadores. No entanto, um conjunto fixo de critérios pode não encaixar em todos os sistemas, além de que um determinado critério *lean* pode ter pesos diferentes em condições contrastantes, como ambientes repetitivos e não repetitivos, pequenas ou grandes organizações (Wang and Chen, 2006).

As organizações ao implementarem sistemas sustentados no pensamento *lean*, introduzem elas também diversas metodologias *lean* que vêm também contribuir directa ou indirectamente para o aumento do desempenho e eficiência das organizações, nomeadamente pela eliminação sistemática de desperdícios.

Assim, com base revisão da literatura, conhecimento e experiência da equipa de desenvolvimento, tipo e programa *lean* da organização foram definidos os seguintes critérios de excelência como indicadores de desempenho, que contribuem directa ou indirectamente para o “nível *lean*” da organização em estudo: ‘*Relacionamento com Fornecedores*’; ‘*Desenvolvimento de Fornecedores*’; ‘*Melhoria Continua*’; ‘*Envolvimento Colaboradores*’; ‘*Gestão do Processo*’; ‘*Qualidade*’; ‘*5S e Gestão Visual*’; ‘*Fluxo de Produção*’; ‘*Sistema*

Puxado; *Trabalho Padronizado*; *Redução de Setup*; *Manutenção Produtiva Total* e *Foco no cliente*.

A figura 4.6 mostra a relação entre os critérios de excelência e os desperdícios. Por exemplo, no critério *Foco no cliente* podem existir dois tipos de desperdícios, a espera e os defeitos.

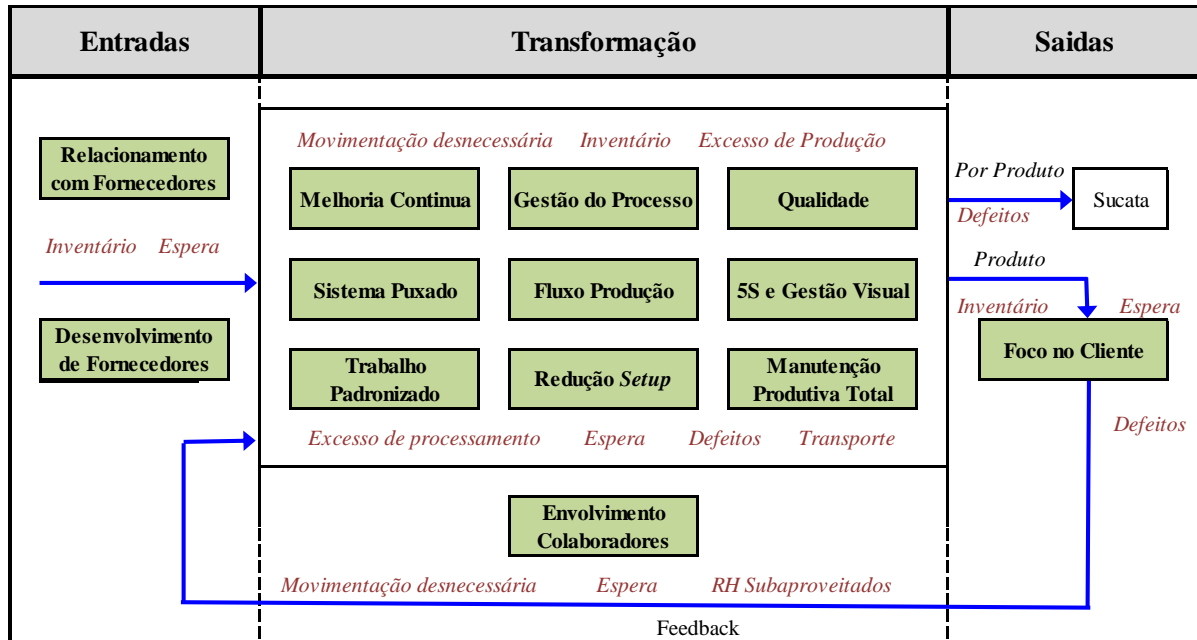


Figura 4.6 - Relação entre critérios *lean* e desperdícios (adaptado de Walah et al, 2013, p.1297)

Prespectivas de análise

Conforme se pode observar na figura 4.6, geralmente um sistema de produção é um sistema de entradas e saídas. O sistema recebe os elementos de entrada ou *inputs*, que passam posteriormente por processos de transformação, produzindo no final os *outputs* ou saídas.

O objectivo de um sistema de produção *lean* é produzir o produto certo, na hora certa, com o preço certo, para dessa forma ganhar rentabilidade e competitividade, perpetuando assim as vendas de produtos ou a prestação de serviços. (Wahab et al, 2013).

De forma a determinar o nível *lean* da organização em todas as suas vertentes, quer as internas, quer as do seu relacionamento com o exterior, foram criadas três perspectivas de análise (Fornecedores, Organização e Clientes), reflectido desse modo o funcionamento de um sistema (entradas, transformação e saídas). Assim e de forma a considerar as perspectivas de análise houve necessidade de estruturar o modelo de modo a possibilitar

após avaliação, uma visão clara dos pontos fortes e das oportunidades de melhoria da organização.

Como se expõe na figura 4.7 o modelo foi estruturado em:

- Dimensões
- Critérios
- Atributos

A arquitetura do modelo compreende assim três níveis de granularidade, conforme ilustram as figuras 4.7 e 4.8

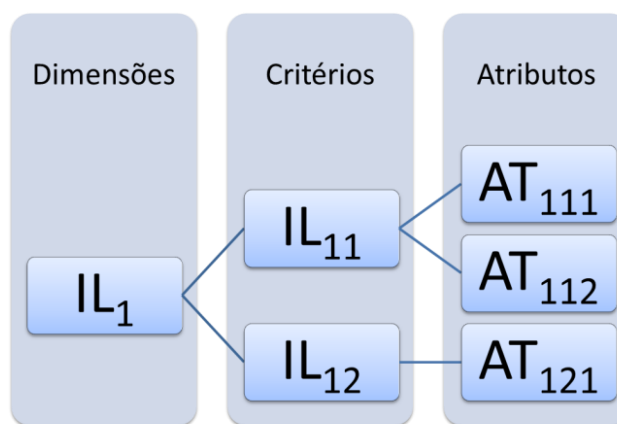


Figura 4.7 - Arquitetura do modelo desenvolvido

O primeiro nível consiste em três dimensões de análise - 'Clientes'; 'Fornecedores' e 'Organização'. O segundo nível compreende os treze critérios de desempenho e no terceiro nível foram criados um total de cem atributos correlacionados com cada critério, detalhados no anexo B.

A identificação e atribuição de cada um dos elementos que constitui a estrutura do modelo a cada um dos níveis de granularidade do modelo foram baseadas na literatura e na opinião de todos os elementos que constituíram a equipa de desenvolvimento. A cada um dos elementos corresponderá um indicador de desempenho *lean*, a partir dos quais será obtido o nível *lean* da organização.

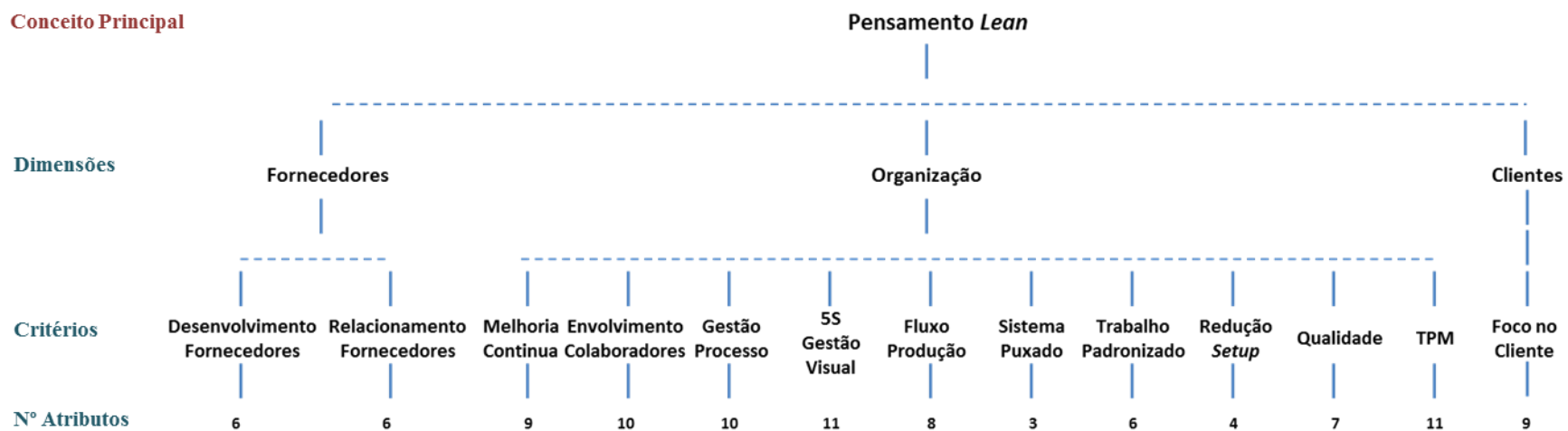


Figura 4.8 - Estrutura conceptual do modelo proposto (adaptado de Shah and Ward (2007) p.799)

A figura 4.9 mostra a arquitectura do modelo concebido.

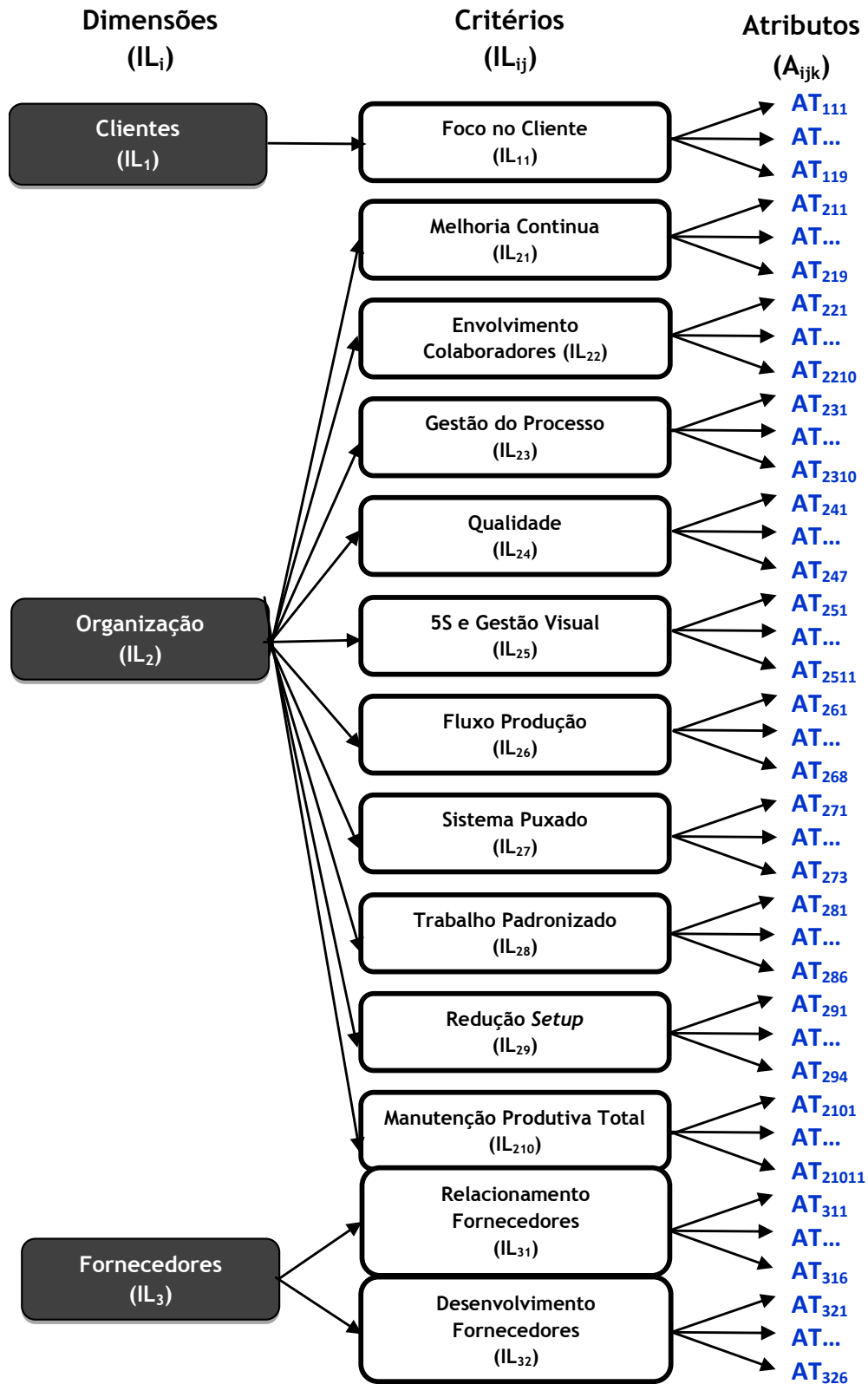


Figura 4.9 - Arquitectura do modelo proposto

A Tabela 4.1 apresenta um excerto da perspectiva “organização” para a dimensão “5S e Gestão Visual”, sendo que o questionário de pesquisa encontra-se descrito na sua totalidade no anexo B.

Tabela 4.1 - Excerto da perspectiva organização do modelo de avaliação *lean*

<i>Dimensões</i>	<i>Critérios</i>	<i>Atributos</i>
Organização	5S e Gestão Visual	<p>AT251 - O ambiente de trabalho encontra-se limpo, organizado e seguro.</p> <p>AT252 - Os produtos/materiais de suporte utilizados encontram-se identificados e existe um sistema de gestão visual estabelecido.</p> <p>AT253 - Todas as ferramentas estão organizadas através de um sistema de gestão visual como gavetas sombra, quadros, caixas com sombreado, etc.</p> <p>AT254 - Existem dispositivos visuais que permitem identificar a distribuição de trabalho e as prioridades da produção.</p> <p>AT255 - Existem painéis sinalizadores para indicar os postos de trabalho parados ou que necessitam de auxílio.</p> <p>AT256 - O fluxo dos processos é visível e compreensível do início ao fim</p> <p>AT257 - São efectuadas com regularidade inspecções 5S e são implementadas acções correctivas.</p> <p>AT258 - Os resultados das auditorias 5S são divulgados e estão afixados.</p> <p>AT259 - Existe um plano de manutenção com a frequência de limpeza definida para todos os objectos/equipamentos.</p> <p>AT2510 - Existe um Quadro de Gestão à Vista em local bem visível e identificado com todas as informações actualizadas.</p> <p>AT2511 - Informação visual é fixada na célula para comunicação da prevenção de riscos.</p>

4.2.2 Definição de variáveis linguísticas e funções de pertença

O conceito de uma variável linguística é muito útil para lidar com situações em que é muito complexo ou mal definido por expressões quantitativas convencionais. Uma variável linguística é uma variável cujos valores são palavras ou frases em linguagem natural ou artificial. Por exemplo, " *baixa* " é uma variável linguística se o seu valor é linguístico, em vez de numérico. Além disso, pelo raciocínio aproximado da teoria dos conjuntos difusos, o valor linguístico pode ser representado por um conjunto difuso (Lin et al, 2006).

A lógica difusa conforme referido anteriormente, é uma ferramenta adequada para lidar com a ambiguidade e a incerteza na avaliação humana. Em muitos casos é impraticável para os especialistas determinar o grau perfeito de um indicador vago, tal como, o nível perfeito de sistemas de informação (Lin et al, 2006). Nesse sentido, nesta abordagem são utilizados termos linguísticos, por forma a avaliar o nível de desempenho e os factores de ponderação de cada uma das características (Dimensões, critérios e atributos).

O uso ad-hoc de termos linguísticos e correspondentes funções de pertença é sempre criticado na lógica difusa. Por uma questão de conveniência, em vez de se efectuar o levantamento de termos linguísticos, optou-se pela adopção de termos linguísticos e correspondentes funções de pertença a partir da literatura. De um modo geral é sugerido que os níveis linguísticos não excedam nove níveis, que representam os limites da percepção humana para a discriminação (Lin et al, 2006).

Tendo por base a literatura em particular os estudos conduzidos por Yang e Li (2002); Zanjirchi et al (2010); Vinodh and Baliqi (2011); e Lin et al (2006), foram adoptadas as variáveis {Excelente, Muito Bom, Bom, Satisfaz, Satisfaz Pouco, Insuficiente e Fraco} para a classificação de desempenho, e seleccionadas as variáveis linguísticas {Muito Elevado, Elevado, Razoavelmente Elevado, Médio, Razoavelmente Baixo, Baixo e Muito Baixo} para os factores de ponderação, conforme se ilustra na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Variáveis Linguísticas e respectivas Funções de pertença

<i>Classificação de Desempenho</i> (A)		<i>Factor de Ponderação</i> (W)	
Variável Linguística	Função Pertença	Variável Linguística	Função Pertença
Excelente (E)	(8.5; 9.5; 10)	Muito Elevado (ME)	(0.85; 0.95; 1)
Muito Bom (MB)	(7; 8; 9)	Elevado (E)	(0.7; 0.8; 0.9)
Bom (B)	(5; 6.5; 8)	Razoavelmente Elevado (RE)	(0.5; 0.65; 0.8)
Satisfaz (S)	(3; 5; 7)	Médio (M)	(0.3; 0.5; 0.7)
Satisfaz Pouco (SP)	(2; 3.5; 5)	Razoavelmente Baixo (RB)	(0.2; 0.35; 0.5)
Insuficiente (I)	(1; 2; 3)	Baixo (B)	(0.1; 0.2; 0.3)
Fraco (F)	(0; 0.5; 1.5)	Muito Baixo (MB)	(0; 0.05; 0.15)

Determinadas as variáveis linguísticas e correspondentes funções de pertença, pode-se agora definir a importância relativa de cada elemento (dimensão, critério e atributo), com base na estratégia e política da organização, tendência da concorrência, desenvolvimento tecnológico, conhecimento e experiência dos especialistas (Lin et al, 2006).

Esta é uma grande vantagem do presente modelo, uma vez que poderá ser reajustado mediante o tipo, dimensão, estratégia e posicionamento de mercado da organização, quer ao nível dos seus elementos, quer ao nível dos factores de ponderação atribuídos.

Apesar de nenhum dos atributos definidos ser puramente quantitativo, ou seja, expresso de forma numérica, o modelo pode igualmente ser reajustado, respondendo se necessário, a essa necessidade, sendo igualmente uma virtude do presente modelo.

4.2.3 Atribuição factores ponderação

Para definição da importância relativa de cada elemento de avaliação foram efectuadas diversas reuniões da equipa de desenvolvimento do modelo, constituída por mim, por uma KPO (Ana Antunes) e uma auditora (Berta Pinheiro), ambas pertencentes à equipa central de melhoria contínua da organização, possuidoras de conhecimento e experiência nesta área, e estando desde o início envolvidas no processo de implementação do programa de melhoria continuo na empresa.

Todas as classificações de cada elemento da equipa foram considerados no estudo, tendo os valores a considerar sido obtido por consenso.

A tabela 4.3 mostra um excerto do modelo com as variáveis linguísticas atribuídas para os factores de ponderação a cada um dos seus elementos e na tabela 4.4 as correspondentes funções de pertença. A totalidade das variáveis linguísticas atribuídas para os factores de ponderação atribuídos podem ser observadas nos anexos C e D, respectivamente.

Tabela 4.3 - Variáveis linguísticas para factores de ponderação do critério 5S e Gestão Visual

IL_i	IL_{ij}	IL_{ijk}	W_i	W_{ij}	W_{ijk}
IL_2	IL_{25}	IL_{251}	ME	RE	E
		IL_{252}			E
		IL_{253}			RE
		IL_{254}			E
		IL_{255}			E
		IL_{256}			RE
		IL_{257}			M
		IL_{258}			B
		IL_{259}			RB
		IL_{2510}			RB
		IL_{2511}			RE

Tabela 4.4 - Funções pertença dos factores de ponderação do critério 5S e Gestão Visual

IL_i	IL_{ij}	IL_{ijk}	W_i	W_{ij}	W_{ijk}
IL_2	IL_{25}	IL_{251}	(0,85; 0,95;1)	(0,5; 0,65; 0,8)	(0,7; 0,8; 0,9)
		IL_{252}			(0,7; 0,8; 0,9)
		IL_{253}			(0,5; 0,65; 0,8)
		IL_{254}			(0,7; 0,8; 0,9)
		IL_{255}			(0,7; 0,8; 0,9)
		IL_{256}			(0,5; 0,65; 0,8)
		IL_{257}			(0,3; 0,5; 0,7)
		IL_{258}			(0,1; 0,2; 0,3)
		IL_{259}			(0,2; 0,35; 0,5)
		IL_{2510}			(0,2; 0,35; 0,5)
		IL_{2511}			(0,5; 0,65; 0,8)

4.2.4 Indicadores de desempenho

Índice *Lean* difuso agregado de cada critério (IL_{ij})

Classificado o desempenho de cada atributo que foi objecto de avaliação existe agora a necessidade de integrar os valores dos vários atributos associados a um critério num único índice. De acordo com a definição de média ponderada, o índice *lean* difuso agregado IL_{ij}, pode ser calculado através das variáveis W_{ijk} e A_{ijk}, que representam o factor de ponderação difuso associado a cada atributo e a classificação de desempenho difusa, respectivamente. A equação (5) mostra a forma de cálculo.

$$IL_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (W_{ijk} \times A_{ijk})}{\sum_{k=1}^n W_{ijk}} \quad (5)$$

onde, W_{ijk} representa o factor de ponderação difuso associado a cada atributo e A_{ijk} a avaliação de desempenho difusa de cada atributo.

Índice *Lean* difuso agregado de cada dimensão (IL_i)

Obtidos os índices difusos agregados para cada critério existe agora a necessidade de integrar os valores dos vários critérios associados a uma dimensão num único índice. A equação (6) define o processo de cálculo.

$$IL_i = \frac{\sum_{j=1}^n (W_{ij} \times IL_{ij})}{\sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (6)$$

onde, W_{ij} representa o factor de ponderação difuso associado a cada critério e IL_{ij} o índice difuso agregado de cada critério.

Índice *Lean* difuso de Desempenho (ILD)

Calculados os IL_i aplicando a equação (6) obtém-se o ILD (Índice *Lean* difuso de Desempenho). O ILD é um índice *lean* difuso holístico que consolida num único índice as avaliações e os factores de ponderação. O ILD representa assim o nível global *lean* de uma organização, quanto maior o seu valor, maior é o índice *lean* da organização.

$$ILD = \frac{\sum_{i=1}^n (W_i \times IL_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (7)$$

onde, W_i representa o factor de ponderação difuso associado a cada dimensão, e IL_i o índice difuso agregado de cada dimensão.

Nível *lean* da organização (NL)

Calculado o ILD pode-se agora fazer corresponder o valor obtido a uma variável linguística cuja adesão à função é a mesma ou o mais próxima possível.

Existem diversos métodos para combinar a função de associação com os termos linguísticos, no entanto é recomendado a utilização do método de distância euclidiana, porque é a forma mais intuitiva da percepção humana de proximidade (Chen and Hwang, 1992).

O método da distância euclidiana consiste em calcular a distância euclidiana da função difusa obtida a cada uma das funções difusas que representam as expressões de linguagem natural. Sendo a função triangular difusa da linguagem natural do nível *lean* (NL), então a distância entre a função triangular difusa (ILD) e cada função triangular difusa da linguagem natural (NL) pode ser calculada da seguinte forma:

$$d(ILD, NL_i) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_2 - a_1)^2 + (b_2 - b_1)^2 + (c_2 - c_1)^2]} \quad (8)$$

Para posteriormente fazer corresponder o ILD a uma expressão linguística e adequá-la ao caso de estudo e assim poder estabelecer uma relação entre a avaliação obtida com o modelo proposto e o modelo em vigor na organização, foram definidas as seguintes expressões linguísticas *lean* e respectivas funções de pertinência, conforme se mostra a tabela 4.3

Tabela 4.5 - Expressões linguísticas *lean* e respectivas funções de pertinência

<i>Expressões Linguísticas Lean</i>	
Variável Linguística	Função Pertinência
Extremamente <i>Lean</i> (EL)	(7; 8.5; 10)
Bastante <i>Lean</i> (BL)	(5.5; 7; 8.5)
<i>Lean</i> (L)	(3.5; 5; 6.5)
Razoavelmente <i>Lean</i> (RL)	(1.5; 3; 4.5)
Pouco <i>Lean</i> (PL)	(0; 1.5; 3)

4.2.5 Principais constrangimentos à melhoria do desempenho

Com o objectivo de identificar os principais constrangimentos à melhoria do nível de *lean* da organização, é proposto o Índice Difuso Importância-Desempenho (IDID) (Lin et al, 2006). De acordo com este índice, todos os atributos que forem classificados com um factor de ponderação elevado (W_{ijk}) e depois de avaliados apresentem um baixo desempenho (A_{ijk}), são classificados como um constrangimento crítico à melhoria.

Para o processo de cálculo do IDID não podemos utilizar os valores atribuídos directamente pelos factores de ponderação W_{ijk} , mas sim o seu complementar W'_{ijk} para não mascarar os resultados. Por exemplo, se um atributo for classificado com um W_{ijk} elevado (então, a transformação $[(1,1,1)-W_{ijk}]$ será baixa) e tiver uma avaliação de desempenho baixa A_{ijk} será considerado um constrangimento crítico e o valor do $IDID_{ijk}$, será baixo.

Para cada atributo AT_{ijk} , o índice difuso importância-desempenho $IDID_{ijk}$ será definido como:

$$IDID_{ijk} = W'_{ijk} \times A_{ijk} \quad (9)$$

Onde

$$W'_{ijk} = (1,1,1) - W_{ijk} \quad (10)$$

W_{ijk} é o factor de ponderação difuso de cada atributo *lean*.

Calculado o $IDID_{ijk}$ existe agora necessidade de o classificar. Neste trabalho foi utilizado o método de Chen and Hwang's *left-and-right fuzzy ranking method*, uma vez que não só preserva a ordem de classificação, como também, considera a localização absoluta de cada número difuso (Chen and Hwang, 1992).

No método de Chen and Hwang's *left-and-right* para defuzzificar um número difuso, as funções máximas e mínimas são dadas através de:

$$f_{\max}(x) = \begin{cases} x, & 0 \leq x \leq 10, \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (11)$$

$$f_{\min}(x) = \begin{cases} 10 - x, & 0 \leq x \leq 10, \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (12)$$

De acordo com este método e para uma função triangular difusa IDID definida como:

$$f_{\text{IDID}}: \mathbb{R} \rightarrow [0,10]$$

O valor à esquerda e à direita da função poderá ser obtido da seguinte forma:

$$U_{\text{D}}(\text{IDID}_{ijk}) = \sup_x [f_{\text{IDID}(ijk)}(x) \wedge f_{\text{max}}(x)] \quad (13)$$

$$U_{\text{E}}(\text{IDID}_{ijk}) = \sup_x [f_{\text{IDID}(ijk)}(x) \wedge f_{\text{min}}(x)] \quad (14)$$

$$U_{\text{T}}(\text{IDID}_{ijk}) = \frac{U_{\text{D}(ijk)} + 10 - U_{\text{E}(ijk)}}{2} \quad (15)$$

5 Aplicação do modelo proposto na indústria aeroespacial (Caso de estudo)

Há bastante tempo que os princípios *lean* são reconhecidos como uma vantagem competitiva (Pakdil and Leonard, 2014). Muitos esforços têm sido feitos no sentido de “ como me tornar *lean* ”, no entanto e em comparação, menos têm sido feitos no sentido de saber quão *lean* é o sistema.

Para efectuar o presente estudo desenvolveu-se um trabalho de investigação em parceria com uma empresa do ramo aeroespacial, no qual foi considerado adequado não referir o nome, com o intuito de minimizar a divulgação de alguns aspectos organizacionais sensíveis. Deste modo, será mantida alguma privacidade dos processos, produtos e clientes.

5.1 Os desafios da indústria aeroespacial

O pensamento *lean* tem as suas raízes na indústria automóvel e o contraste entre essa industria de alto volume e o ambiente de baixo volume da indústria aeroespacial, é enorme (Crute et al, 2003).

De acordo com Hill (1995), as diferenças entre estes dois ambientes de produção estendem-se para além das características de transformação e prioridades competitivas. Para Hill (1995), a transferência de ferramentas *lean* entre estes sectores pode apresentar algumas dificuldades. Os requisitos específicos de cada sector não devem ser ignorados e encobertos, no entanto, diferenças, tais como níveis de volume podem não representar necessariamente um obstáculo à implementação do pensamento *lean* na indústria aeroespacial, isto porque existem numerosos exemplos bem-sucedidos de aplicação do pensamento *lean* em diversos sectores industriais, Womack and Jones (1996); Henderson and Largo (1999).

Na verdade, Womack and Jones (1996) fornecem uma descrição detalhada da introdução de princípios *lean* na Pratt & Whitney, um dos principais fabricantes de motores aeronáuticos do mundo. A industria aeroespacial pode mesmo ter algumas vantagens competitivas sobre a industria automóvel, em termos de aplicação dos princípios do *lean*. Os volumes de produção mais baixos indicam que está mais perto do ideal do pensamento *lean*, ou seja, a produção unitária.

Outra possível preocupação é que a indústria aeroespacial está dez anos atrasada relativamente à indústria automóvel no que respeita à implementação de práticas e

ferramentas *lean* e, embora isso possa proporcionar oportunidades de aprendizagem, este *gap* é sempre relevante. Apesar disso, devemos também ter em mente que a transferência de práticas *lean* não foi totalmente disseminada, até mesmo dentro da indústria automobilística, embora os esforços tenham-se iniciado dez anos antes (Crute et al, 2003).

Outra característica importante, é que a indústria aeroespacial já produz por encomenda, ou seja, produz apenas aeronaves e componentes com encomendas firmadas pelos seus clientes, por isso, a preocupação com o hiato de dez anos, pode não ser assim uma tão grande desvantagem como poderá parecer à primeira vista.

Para Crute et al (2003) não parece que os problemas da implementação do pensamento *lean* dentro da indústria aeroespacial sejam, necessariamente, mais difíceis do que a de implementação do pensamento *lean* nas indústrias de alto volume, incluindo a automóvel. Os desafios são diferentes, mas não de maior dificuldade.

Um amplo conhecimento e experiências são necessárias para identificar as ferramentas correctas à implementação do pensamento *lean*, adaptado a cada organização. As empresas necessitam aprender " *por onde começar* " e " *como proceder* ", além de terem de conhecer as ferramentas e metodologias disponíveis. Para este efeito, a formação em *lean*, o mapeamento do fluxo de valor e a avaliação do "nível *lean*", são os três pilares essenciais para se iniciar a implementação de um sistema *lean* numa organização (Wan and Chen, 2009).

As avaliações *lean* têm confirmado que a transformação das empresas para este novo paradigma de produção é uma jornada de anos e não de meses. Como factor crítico de sucesso aparece o comprometimento e envolvimento de todos, e em particular das lideranças (Nightingale and Mize, 2002).

5.2 Caracterização da empresa

Com mais de nove décadas de história desde a sua criação, a empresa detém hoje em dia um papel de relevo a nível mundial no negócio da manutenção e fabricação aeronáuticas.

No negócio da manutenção a empresa oferece uma vasta gama de serviços que vão desde a simples reparação até soluções de gestão total de frota. Oferece serviços de manutenção de aeronaves militares, aeronaves comerciais, motores, componentes e engenharia.

No negócio da fabricação, a empresa apresenta-se actualmente como um grande fornecedor de soluções integradas para OEM's e fornecedores de primeira linha, apresentando capacidade para fornecer conjuntos e subconjuntos de estruturas aeronáuticas, em material metálico ou compósito, abrangendo um largo espectro de produtos de aeroestruturas.

Possui uma série de certificações entre as quais se incluem: DOA (*Design Organisation Approval*) Parte 21, POA (*Production Organisations Approvals*) Parte 21, CAMO (*Continuing Airworthiness Management Organisation*) Parte M, MOA (*Maintenance Organisation Approvals*) Parte 145, emitidas pela EASA, FAA Parte 145, sendo ainda certificada ISO 9001:2008, e ISO 14001:2004.

Programa melhoria contínua da empresa

O programa de melhoria contínua da empresa tem como objectivo promover o desenvolvimento organizacional de forma a atingir a excelência empresarial e desse modo proporcionar a permanente melhoria do valor que a empresa oferece aos seus clientes, investidores e colaboradores, baseando-se nos princípios da filosofia *lean*.

Estabelece um conjunto de abordagens/ferramentas que permitem eliminar o desperdício e maximizar o potencial de todos os empregados, criando assim um ambiente propício à implementação de melhorias em toda a organização.

O programa corporativo de desenvolvimento organizacional assenta em 4 pilares:

- Estratégia
- Processos
- Pessoas
- Cultura Organizacional

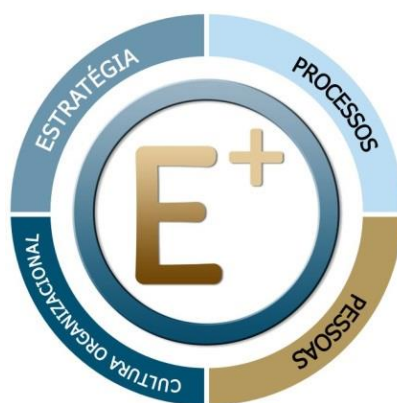


Figura 5.1 - Logo do programa corporativo E+ (fonte: empresa)

Tem como vectores de desenvolvimento estratégicos, células de melhoria contínua, responsáveis pela aplicação e gestão de ferramentas *lean* e eventos *Kaizen*, nos quais se pretende aumentos significativos de eficiência, conforme se ilustra na figura 5.2.

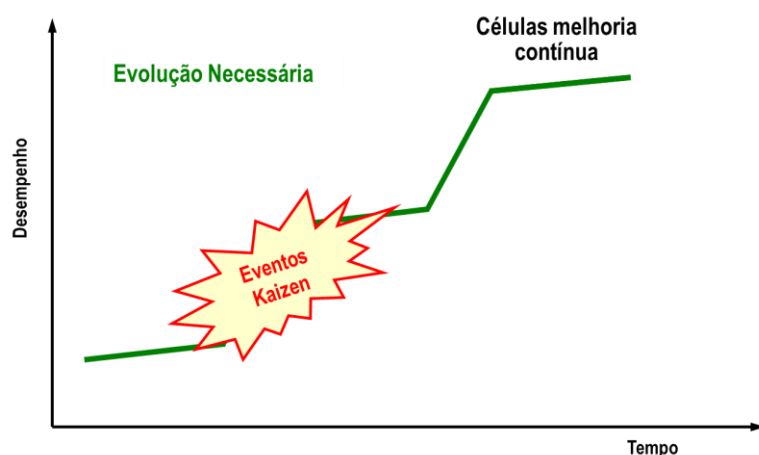


Figura 5.2 - Evolução Programa Corporativo E+ (fonte: empresa)

A empresa foi mapeada num conjunto de células de melhoria contínua criadas por fluxo de valor³, que se encontram interligadas e que envolvem toda a organização.

Cada célula é constituída por um grupo de colaboradores que podem ser de diversas áreas da empresa, que processam e fornecem os mesmos serviços/produtos e que compartilham os mesmos resultados, os quais compõem uma parte do resultado do negócio da organização.

³ Um fluxo de valor é um grupo organizado de actividades que funcionam em conjunto, com o fim de oferecer valor aos clientes, sejam eles internos ou externos.

As células possuem um líder de célula e um agente de melhoria contínua, que tem como objectivo principal promover e agilizar todas as actividades de melhoria contínua dentro da célula, nomeadamente implementar as ferramentas *lean* e identificar oportunidades de melhoria. Estas células são suportadas por uma equipa central, formada por especialistas em melhoria continua.

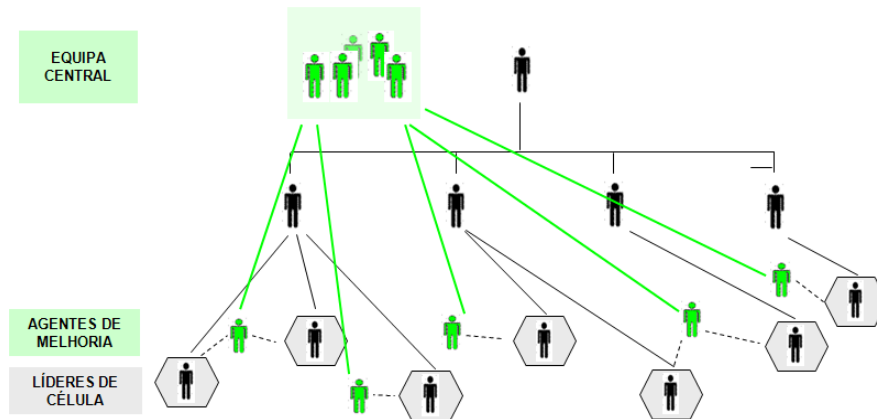


Figura 5.3 - Organização do programa corporativo E+ (fonte: empresa)

Modelo de avaliação *lean* da empresa

Por forma a determinar o nível *lean* de cada célula foram criados os critérios de excelência empresarial que têm por objectivo proporcionar a permanente melhoria da eficiência da organização.

Os critérios de excelência, servem de referência a toda a organização, tanto para processos de fabricação, como de manutenção, escritório ou serviços, existem no entanto ferramentas que pela sua natureza se distinguem na sua aplicabilidade a determinados processos, como é o caso do SMED que normalmente não se aplica às células afectas às áreas de recursos humanos, financeiros, sistema integrado de gestão, etc.

As células deverão cumprir com os requisitos dos critérios de excelência e dessa forma evoluir através dos sucessivos níveis de certificação, que reflectem os níveis de excelência sucessivamente mais exigentes, designadamente:

- Nível de Qualificação
- Nível Bronze
- Nível Prata
- Nível Ouro

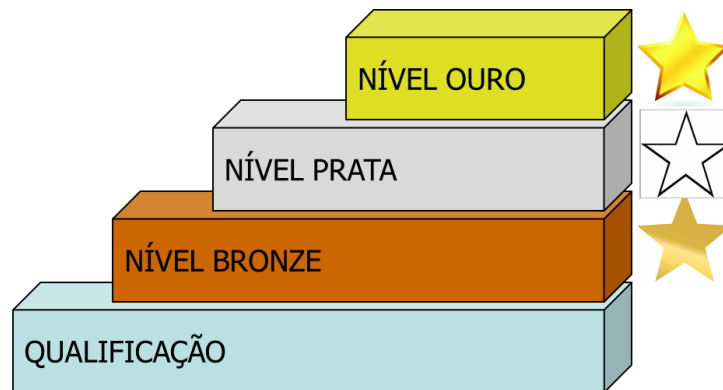


Figura 5.4 - Evolução células melhoria continua (fonte: empresa)

A competência nos critérios de excelência é medida tendo em conta o cumprimento dos requisitos necessários aos quatro níveis de certificação:

- ✓ **Qualificação** – Aumentar da consciência, entender as ferramentas, identificar os processos e definir prioridades, identificar e iniciar a eliminação de desperdícios.
- ✓ **Bronze** – Obtenção de melhoria significativa nos processos seleccionados, início de previsibilidade de resultados com base na sustentabilidade dos processos e substancial envolvimento dos membros da Célula;
- ✓ **Prata** – Primeira demonstração de aumento de satisfação do cliente (interno ou externo), primeira demonstração de aumento do desempenho do negócio nos processos seleccionados, grande melhoria nos processos seleccionados, início de actividades de melhoria em todos os processos chave, satisfação do empregado como alvo e grande envolvimento da liderança;
- ✓ **Ouro** – Cliente satisfeito, processos atingem um nível de excelência (o melhor desempenho) e envolvimento total da célula e das lideranças.

Para avaliar se uma dada célula atingiu um determinado nível de certificação, é tido em consideração e analisado o seguinte conjunto de factores:

- Condições de elegibilidade;
- Nível de formação e competências;
- Desempenho empresarial;
- Aplicação das ferramentas dos critérios de excelência;

O processo de avaliação tem como objectivo avaliar a implementação dos critérios de excelência exigidos para cada nível de certificação.

Actualmente na empresa a ferramenta de avaliação tem por base um questionário do tipo qualitativo, que recorre à lógica booleana para tratamento da informação, ou seja, cumpre ou não cumpre, sendo as avaliações efectuadas por um comité de avaliadores (ver excerto do questionário utilizado na avaliação para certificação bronze, no anexo A).

Após avaliação e em função do cumprimento dos critérios de excelência, o comité de avaliadores efectua um relatório no qual recomenda ou não a concessão da certificação da célula avaliada.

5.3 Avaliação do desempenho *lean* da organização

Face à dimensão da organização e às suas diferentes valências, nomeadamente, uma área de aeroestruturas com manufactura e montagem de aeroestruturas e uma área de MRO dividida em aviação comercial, aviação de defesa, motores e componentes.

Visto que toda a organização está mapeada num conjunto de células de melhoria continua por fluxo de valor, que se encontram interligadas entre si, funcionando numa lógica de cliente-fornecedor, envolvendo toda a organização.

Uma vez que as diferentes células encontram-se em estágios de evolução diferentes e que a organização possui um modelo próprio de avaliação *lean*, que tem por base a avaliação do desempenho de cada uma das células, foi decidido avaliar apenas algumas dessas células e a partir daí extrapolar, de modo a perceber não só o nível *lean* da organização, como também, a forma como o modelo agora desenvolvido reflecte o estágio de evolução de cada uma

células avaliadas em comparação com o modelo de avaliação actualmente em vigor na organização.

A empresa está actualmente mapeada em vinte e cinco células de melhoria contínua, estando uma delas no patamar prata, catorze no patamar bronze, oito no patamar qualificação e duas ainda não qualificadas, conforme se ilustra na tabela 5.1:

Tabela 5.1 - Distribuição da Avaliação das Células Melhoria Contínua

<i>Nível</i>	<i>Nº Células</i>	<i>Percentagem</i>
<i>Ouro</i>	0	0 %
<i>Prata</i>	1	4 %
<i>Bronze</i>	14	56 %
<i>Qualificação</i>	8	32 %
<i>Lançamento</i>	2	8 %

Assim com base na distribuição das células foram seleccionadas para avaliação duas células bronze, que representam a área de motores e uma célula qualificada, que representa a área de logística da empresa. Deste modo, as células seleccionadas representam uma amostra de 12% da organização.

Conforme é ilustrado na tabela 5.1, pode-se extrair com base do numero de células em cada patamar, que a empresa estará actualmente, em termos globais e de acordo com a metodologia de avaliação actualmente existente na empresa, entre o patamar qualificação e o patamar bronze, uma vez que 32% das células estão no patamar qualificação e 56% no patamar bronze, totalizando a soma destas 88% da organização.

Antes de se proceder à implementação do modelo proposto na organização é importante construir numa fase prévia um “consenso” com os avaliadores sobre o objecto que vai ser sujeito a avaliação (Zanjirchi et al, 2010).

Foram efectuadas duas avaliações, uma avaliação à célula da área de logística e uma avaliação conjunta às células da área de motores, uma vez que ambas se encontram no mesmo patamar de evolução, partilhando igualmente o mesmo espaço, uma com enfoque na reparação e a outra na revisão de motores.

A avaliação de desempenho das células foi realizada pela equipa de desenvolvimento do modelo e que constitui parte do comité de avaliação da organização.

De referir, que na avaliação foram tidos em conta, quer os indicadores de desempenho de cada uma das células (avaliação quantitativa), quer a percepção dos avaliadores perante as evidências demonstradas (avaliação qualitativa).

Um excerto dos resultados das avaliações de desempenho pode ser observado nas tabelas 5.2 e 5.3.

O resultado das avaliações de desempenho às células da área de logística e da área de motores pode ser consultado nos anexos E e F, respectivamente.

As funções de pertença correspondentes às avaliações de desempenho das células da área de logística e da área de motores podem ser consultadas nos anexos G e H, respectivamente.

Tabela 5.2 - Avaliação de desempenho célula da Logística critério “5S e Gestão Visual”

IL_i	IL_{ij}	IL_{ijk}	A_{ijk}
IL ₂	IL ₂₅	IL ₂₅₁	S
		IL ₂₅₂	S
		IL ₂₅₃	S
		IL ₂₅₄	S
		IL ₂₅₅	S
		IL ₂₅₆	SB
		IL ₂₅₇	I
		IL ₂₅₈	I
		IL ₂₅₉	SB
		IL ₂₅₁₀	SB
		IL ₂₅₁₁	B

Tabela 5.3 - Avaliação de desempenho células do Motores critério “5S e Gestão Visual”

IL_i	IL_{ij}	IL_{ijk}	A_{ijk}
IL ₂	IL ₂₅	IL ₂₅₁	B
		IL ₂₅₂	B
		IL ₂₅₃	SB
		IL ₂₅₄	S
		IL ₂₅₅	SP
		IL ₂₅₆	SB
		IL ₂₅₇	SP
		IL ₂₅₈	I
		IL ₂₅₉	SB
		IL ₂₅₁₀	B
		IL ₂₅₁₁	B

5.4 Indicadores de desempenho *lean* da organização

Índice *Lean* difuso agregado de cada dimensão (IL_{ij})

Obtido o desempenho das células, existe agora necessidade de integrar os valores de modo a obter um índice *lean* para cada um dos critérios.

Para demonstração da metodologia de cálculo, utilizar-se-á apenas a avaliação realizada na célula da logística.

Tabela 5.4 - Funções de pertença da avaliação de desempenho e dos factores de ponderação

IL _i	IL _{ij}	IL _{ijk}	W _i	W _{ij}	W _{ijk}	A _{ijk}
IL ₂	IL ₂₅	IL ₂₅₁	(0,85; 0,95;1)	(0,5; 0,65; 0,8)	(0,7; 0,8; 0,9)	(3 ; 5 ; 7)
		IL ₂₅₂			(0,7; 0,8; 0,9)	(3 ; 5 ; 7)
		IL ₂₅₃			(0,5; 0,65; 0,8)	(3 ; 5 ; 7)
		IL ₂₅₄			(0,7; 0,8; 0,9)	(3 ; 5 ; 7)
		IL ₂₅₅			(0,7; 0,8; 0,9)	(3 ; 5 ; 7)
		IL ₂₅₆			(0,5; 0,65; 0,8)	(5 ; 6,5 ; 8)
		IL ₂₅₇			(0,3; 0,5; 0,7)	(1 ; 2 ; 3)
		IL ₂₅₈			(0,1; 0,2; 0,3)	(1 ; 2 ; 3)
		IL ₂₅₉			(0,2; 0,35; 0,5)	(5 ; 6,5 ; 8)
		IL ₂₅₁₀			(0,2; 0,35; 0,5)	(5 ; 6,5 ; 8)
		IL ₂₅₁₁			(0,5; 0,65; 0,8)	(7 ; 8 ; 9)

Com base na equação (5) os valores de IL_{ij} podem ser calculados, como exemplo:

$$IL_{25} =$$

$$\frac{\left((3;5;7) \times (0.7;0.8;0.9) + (3;5;7) \times (0.7;0.8;0.9) + (3;5;7) \times (0.5;0.65;0.8) + (3;5;7) \times (0.7;0.8;0.9) + (3;5;7) \times (0.7;0.8;0.9) + (5;6.5;8) \times (0.5;0.65;0.8) \right)}{\left((1;2;3) \times (0.3;0.5;0.7) + (1;2;3) \times (0.1;0.2;0.3) + (5;6.5;8) \times (0.2;0.35;0.5) + (5;6.5;8) \times (0.2;0.35;0.5) + (7;8;9) \times (0.5;0.65;0.8) \right)}$$

$$IL_{25} = (3.59; 5.29; 6.93)$$

Os valores de IL_{ij} correspondem ao valor agregado para cada um dos critérios de excelência, por exemplo o IL₂₅ corresponde ao critério 5S e Gestão Visual.

Índice *Lean* difuso agregado de cada dimensão (IL_i)

Obtidos os valores de IL_{ij} e aplicando agora a equação (6), obtêm-se os valores de IL_i. A título de exemplo:

$$IL_3 = \frac{((4.18; 6.03; 7.75) \times (0.5; 0.65; 0.8) + (4.12; 5.68; 7.25) * (0.5; 0.65; 0.8))}{((0.5; 0.65; 0.8) + (0.5; 0.65; 0.8))}$$

$$IL_3 = (4.15; 5.85; 7.50)$$

Os valores de IL_i correspondem ao valor agregado para cada uma das dimensões, por exemplo o IL_3 corresponde à dimensão Fornecedores.

A tabela 5.5 mostra todos os índices difusos agregados com base na avaliação feita à célula da logística.

Tabela 5.5 - Índices *lean* difusos agregados (Célula Logística)

IL_i	IL_{ij}
Clientes (4.14;5.71;7.27)	Foco no Cliente (4.14; 5.71; 7.27)
Organização (3.58;5.13;6.67)	Melhoria Continua (3.21; 4.94; 6.65)
	Envolvimento Colaboradores (3.83; 5.48; 7.11)
	Gestão do Processo (4.75; 5.71; 6.73)
	Qualidade (2.75; 4.30; 5.84)
	5S e Gestão Visual (3.59; 5.29; 6.93)
	Fluxo de Produção (3.86; 5.48; 6.98)
	Sistema Puxado (3.71; 5.54; 7.36)
	Trabalho Padronizado (3.33; 4.98; 6.58)
	Redução de Setup (2.93; 4.78; 6.58)
TPM (3.49; 4.65; 5.81)	
Fornecedores (4.15;5.85;7.50)	Relacionamento Fornecedores (4.18; 6.03; 7.75)
	Desenvolvimento Fornecedores (4.12; 5.68; 7.25)

Os índices difusos agregados com base na avaliação feita à área de motores encontram-se no anexo I.

Índice *Lean* difuso de Desempenho (ILD)

Obtidos os IL_i pode-se finalmente e aplicando a equação (7) obter os ILD (ILD_{log} relativo ao Índice *Lean* difuso de Desempenho da célula da logística e o ILD_{mot} relativo ao Índice *Lean* difuso de Desempenho da célula dos motores. Assim,

$$ILD_{log} =$$

$$\frac{(4.14; 5,71; 7,27) \times (0,7; 0,8; 0,9) + (3,58; 5,13; 6,67) \times (0,85; 0,95; 1) + (4,15; 5,85; 7,50) \times (0,3; 0,5; 0,7)}{(0,7; 0,8; 0,9) + (0,85; 0,95; 1) + (0,3; 0,5; 0,7)}$$

$$ILD_{log} = (3,88; 5,50; 7,10)$$

$$ILD_{mot} =$$

$$\frac{(3.76; 5.15; 6.54) \times (0.7; 0.8; 0.9) + (4.48; 5.94; 7.39) \times (0.85; 0.95; 1) + (4.42; 6.06; 7.70) \times (0.3; 0.5; 0.7)}{(0.7; 0.8; 0.9) + (0.85; 0.95; 1) + (0.3; 0.5; 0.7)}$$

$$ILD_{mot} = (4.20; 5.68; 7.18)$$

Verifica-se assim que em termos globais o índice *lean* difuso de desempenho da área de motores é ligeiramente superior ao índice *lean* difuso de desempenho da célula da logística, apresentando igualmente uma menor dispersão dos resultados.

Nível *lean* da organização (NL)

Calculado o ILD pode-se agora fazer corresponder o valor obtido uma variável linguística cuja adesão à função é a mesma ou a mais próxima possível e que corresponderá ao nível *lean* da organização: Extremamente *Lean* (EL), Bastante *Lean* (BL), *Lean* (L), Razoavelmente *Lean* (RL) e Pouco *Lean* (PL).

Desse modo e por forma a comparar os resultados obtidos com o actual modelo de avaliação das células, ao patamar *Ouro* corresponderá a expressão linguística *Extremamente Lean* [EL] e no extremo contrário, ao patamar *Lançamento* corresponderá a expressão linguística *Pouco Lean* [PL] (ver tabela 5.6).

Tabela 5.6 - Correspondência entre patamares de avaliação e as expressões linguísticas

<i>Patamar</i>	<i>Expressão Linguística</i>
<i>Ouro</i>	Extremamente <i>Lean</i>
<i>Prata</i>	Bastante <i>Lean</i>
<i>Bronze</i>	<i>Lean</i>
<i>Qualificação</i>	Razoavelmente <i>Lean</i>
<i>Lançamento</i>	Pouco <i>Lean</i>

Assim e usando agora a equação (8) conforme se ilustra nas figuras 5.5 e 5.6, obtiveram-se as seguintes distâncias relativamente às funções linguísticas:

$$D(ILD_{log}, EL)=\mathbf{3,01}; D(ILD_{log}, BL)=\mathbf{1,51}; D(ILD_{log}, L)=\mathbf{0,50} \quad D(ILD_{log}, RL)=\mathbf{2,50};$$

$$D(ILD_{log}, PL)=\mathbf{4,00}.$$

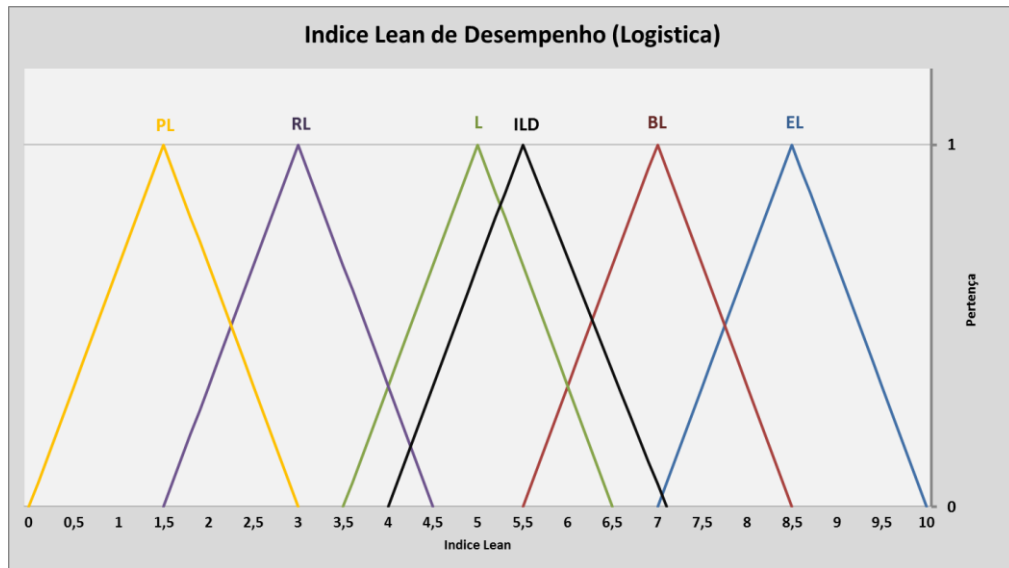


Figura 5.5 - Correspondência entre funções linguísticas e o ILD_{log}

$D(ILD_{mot}, EL)=2,81$; $D(ILD_{mot}, BL)=1,31$; $D(ILD_{mot}, L)=0,69$ $D(ILD_{mot}, RL)=2,69$
 $D(ILD_{mot}, PL)=4,19$.

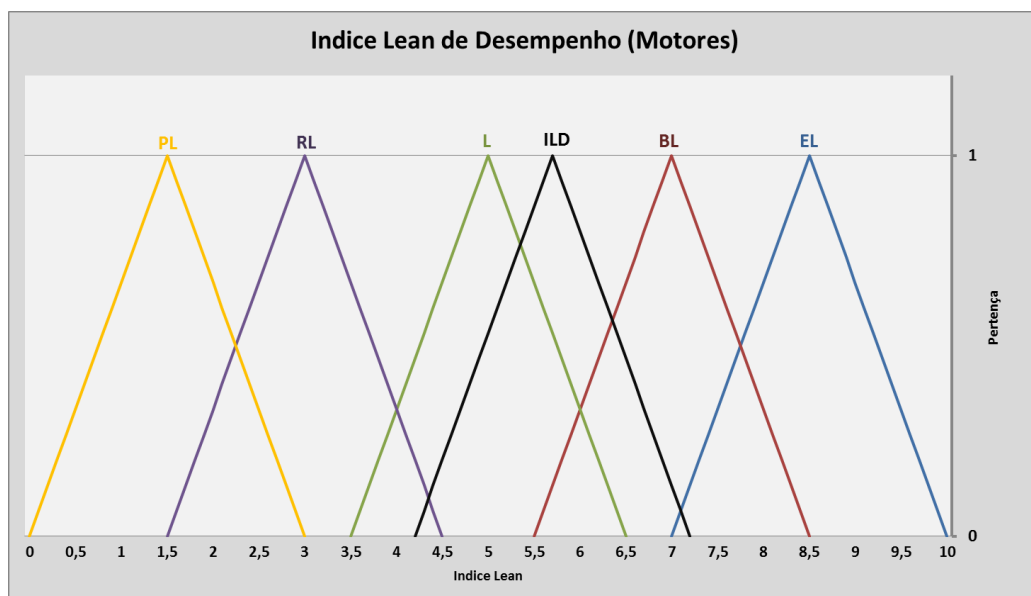


Figura 5.6 - Correspondência entre funções linguísticas e o ILD_{mot}

Combinando agora a expressão linguística com o mínimo de D, podemos afirmar que quer a célula da logística, quer as células dos motores são ‘Lean’, a que corresponderá o patamar ‘Bronze’ no actual modelo de avaliação da organização.

Verifica-se no entanto um nível de desempenho ligeiramente mais elevado nas células dos motores relativamente à célula da logística, reflectindo também a avaliação no actual modelo da organização, uma vez que estas células são ‘*Bronze*’, enquanto a célula da logística ainda se encontra no patamar ‘*Qualificação*’.

No que diz respeito à eficácia dos métodos de avaliação para determinar o índice *lean*, o resultado gerado por ambas as abordagens aparentemente leva a conclusões semelhantes, conforme se ilustra na Tabela 5.7, apesar da célula da logística de acordo com o método de avaliação em vigor na empresa estar ainda no patamar ‘*Bronze*’ a que corresponderá o índice *lean* de desempenho ‘*Razoavelmente Lean*’ e o presente modelo a classificar já como ‘*Lean*’.

De referir no entanto, que a ultima avaliação à célula da logística ocorreu em 2010, pelo que é expectável que neste periodo de tempo tenha evoluído.

Tabela 5.7 - Comparação da Avaliação *Lean* (Modelo da Organização vs Modelo Proposto)

	<i>Modelo da Empresa</i>		<i>Modelo Proposto</i>	
	<i>Patamar</i>	<i>Expressão Linguística</i>	<i>Avaliação</i>	<i>Expressão Linguística</i>
Células Motores	Bronze	<i>Lean</i>	(4,20; 5,68; 7,18)	<i>Lean</i>
Célula Logística	Qualificação	<i>Razoavelmente Lean</i>	(3,88; 5,50; 7,10)	<i>Lean</i>

Extrapolando agora os dados obtidos a toda a organização, poderemos daqui concluir que a empresa estará num estado ‘*Lean*’, ou seja, num estado intermédio de desempenho *lean*.

5.5 Principais constrangimentos à melhoria

O modelo de avaliação desenvolvido tem como propósito, não só avaliar o desempenho *lean* da organização, como também e talvez mais importante, ajudar os gestores a avaliar as competências distintivas e a identificar os principais constrangimentos à implementação do pensamento *lean* na organização.

Identificados os factores de constrangimento, pode-se então priorizar acções no sentido de promover a implementação de medidas adequadas em função de cada tipo de constrangimento.

Uma vez que o nível do índice de *lean* da organização é “*Lean*”, de acordo com a avaliação realizada, existirão certamente bastantes pontos de melhoria e alguns factores de constrangimento dentro da organização que podem estar a retardar o desenvolvimento da implementação de um sistema de melhoria contínua da organização.

Assim e com o objectivo de identificar os principais constrangimentos à melhoria *lean*, usando as fórmulas da Eq. (9) e (10), é possível efectuar o calculo do IDID para todos os atributos que foram objecto de avaliação. A título de exemplo, o IDID₂₅₁ para o atributo AT₂₅₁ – *O ambiente de trabalho encontra-se limpo, organizado e seguro*, é calculado da seguinte forma:

$$\text{IDID}_{251} = [(1;1;1)-(0,7;0,8;0,9)] \times (7;5;3)$$

$$\text{IDID}_{251} = (2,1;1;0,3)$$

Determinados todos os IDID_{ijk} existe agora necessidade dos classificar.

Para o efeito teremos de desfuzificar a função IDID_{ijk} correlacionada com cada atributo por forma a determinar o valor real correspondente ao valor difuso calculado.

O valor de U_T(IDID_{ijk}) representa assim a pontuação de classificação de cada atributo. Nesse sentido, e usando agora as equações (13), (14) e (15) para o IDID₂₅₁ obtemos:

$$U_D(\text{IDID}_{251}) = 1,892$$

$$U_E(\text{IDID}_{251}) = 9,065$$

$$U_T(\text{IDID}_{251}) = \frac{1,892 + 10 - 9,065}{2} = 1,413$$

A figura seguinte mostra a representação gráfica do cálculo do valor real de IDID₂₅₁

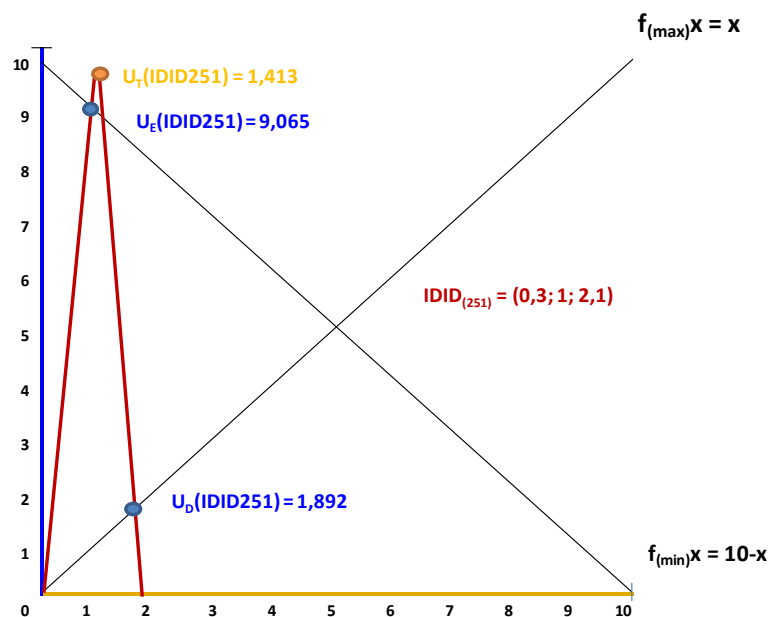


Figura 5.7 - Representação gráfica do cálculo do valor real de um número triangular difuso

A tabela 5.8 apresenta um excerto dos valores do $IDID_{ijk}$ obtidos.

Tabela 5.8 - Índices Difusos Importância-Desempenho dos atributos *lean* (Célula Logística)

<i>Atributo Lean</i> (AT_{ijk})	<i>Classificação de desempenho difusa</i> (A_{ijk})	$(1,1,1)-W'_{ijk}$	<i>Índice Difuso Importância-Desempenho</i> ($IDID_{ijk}$)	<i>Pontuação de Classificação</i> ($U_T(IDID_{ijk})$)
AT_{251}	(3 ; 5 ; 7)	(0,3; 0,2; 0,1)	(2,1; 1; 0,3)	1,413
AT_{252}	(3 ; 5 ; 7)	(0,3; 0,2; 0,1)	(2,1; 1; 0,3)	1,413
AT_{253}	(3 ; 5 ; 7)	(0,5; 0,35; 0,2)	(3,5; 1,75; 0,6)	2,274
AT_{254}	(3 ; 5 ; 7)	(0,3; 0,2; 0,1)	(2,1; 1; 0,3)	1,413
AT_{255}	(3 ; 5 ; 7)	(0,3; 0,2; 0,1)	(2,1; 1; 0,3)	1,413
AT_{256}	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5; 0,35; 0,2)	(4; 2,275; 1)	2,715
AT_{257}	(1 ; 2 ; 3)	(0,7; 0,5; 0,3)	(2,1; 1; 0,3)	1,413
AT_{258}	(1 ; 2 ; 3)	(0,9; 0,8; 0,7)	(2,7; 1,6; 0,7)	1,95
AT_{259}	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,8; 0,65; 0,5)	(6,4; 4,225; 2,5)	4,43
AT_{2510}	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,8; 0,65; 0,5)	(6,4; 4,225; 2,5)	4,43
AT_{2511}	(7 ; 8 ; 9)	(0,5; 0,35; 0,2)	(4,5; 2,8; 1,4)	3,151

As classificações totais para a célula da logística e para área dos motores encontram-se nos anexos J e K, respectivamente.

Como mencionado no princípio de Pareto, os recursos devem ser utilizados na melhoria dos constrangimentos críticos (Lin et al, 2006), desse modo e com base na literatura o valor de 0,809 foi estabelecido como o limiar para identificar os constrangimentos críticos que necessitam ser melhorados.

Assim o valor 1.413, corresponderá a um constrangimento não crítico, sendo os constrangimentos críticos, os cujo valor seja inferior ou igual a 0,809.

Conforme se mostra na tabela 5.9, doze atributos encontram-se com valores abaixo ou igual a 0.809.

Apesar das células apresentarem desempenhos diferentes ao nível dos critérios, os atributos críticos são comuns a ambas, com excepção para o AT₂₁₀₁₁, que apenas aparece como crítico na célula da logística. Nesse sentido, poder-se-á extrapolar que se trata de constrangimentos ao nível de toda a organização e não só e apenas, ao nível do desempenho de uma determinada célula.

Estes atributos representam assim as contribuições mais significativas para melhorar, quer o nível *lean* de cada uma das células, quer o nível *lean* em toda a organização.

Tabela 5.9 - Constrangimentos Críticos (Pontuação Classificação)

<i>Atributo Lean</i> (AT _{ijk})	<i>Pontuação de</i> <i>Classificação</i> <i>Células Motores</i> (U _{T(mot)} (IDID _{ijk}))	<i>Pontuação de</i> <i>Classificação</i> <i>Célula Logística</i> (U _{T(log)} (IDID _{ijk}))
AT ₁₁₅	0,709	0,709
AT ₁₁₇	0,709	0,608
AT ₁₁₈	0,267	0,608
AT ₂₁₁	0,608	0,608
AT ₂₁₇	0,441	0,441
AT ₂₁₉	0,608	0,608
AT ₂₂₇	0,709	0,441
AT ₂₂₈	0,809	0,709
AT ₂₃₇	0,441	0,809
AT ₂₄₃	0,608	0,267
AT ₂₆₈	0,623	0,623
AT ₂₁₀₁₁		0,623

A representação dos resultados obtidos num gráfico radar como ilustrado nas figuras 5.8 e 5.9, permite analisar simultaneamente o nível de desempenho actual dos vários critérios.

Segundo Saary (2008), a apresentação em gráfico de radar é a forma mais eficiente de exibir uma ampla variedade de dados em uma única imagem. Além disso, este tipo de representação permite efectuar *Benchmarking* com outras organizações. Para o efeito teremos de defuzzificar a função IL_{ij} correlacionada com cada critério por forma a determinar o valor real correspondente ao valor difuso.

Desse modo, utilizando o método de Chen and Hwang's left-and-right e aplicando as equações (13), (14) e (15) a cada Índice *Lean* difuso agregado IL_{ij} , obtemos o valor real de cada índice. Os valores obtidos por critério encontram-se ilustrados nas figuras 5.8 e 5.9. Os valores mais próximos da periferia representam um melhor desempenho, enquanto que os valores mais próximos do centro correspondem a um pior desempenho.

Como exemplo para o Índice *Lean* difuso agregado IL_{25} associado ao critério “5S e Gestão Visual” para a célula da logística é: $U_T(IL_{25}) = 5.236$.

$$U_D(IL_{25}) = 5.480$$

$$U_E(IL_{25}) = 5.951$$

$$U_T(IL_{25}) = \frac{5.480 + 10 - 5.951}{2} = 5.236$$

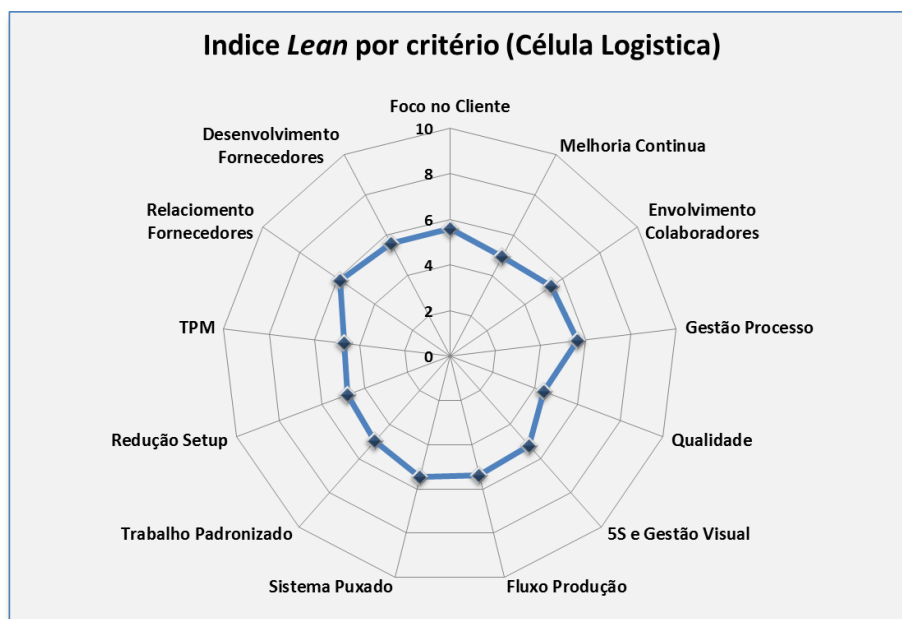


Figura 5.8 - Índice *Lean* agregado por critério (célula logística)

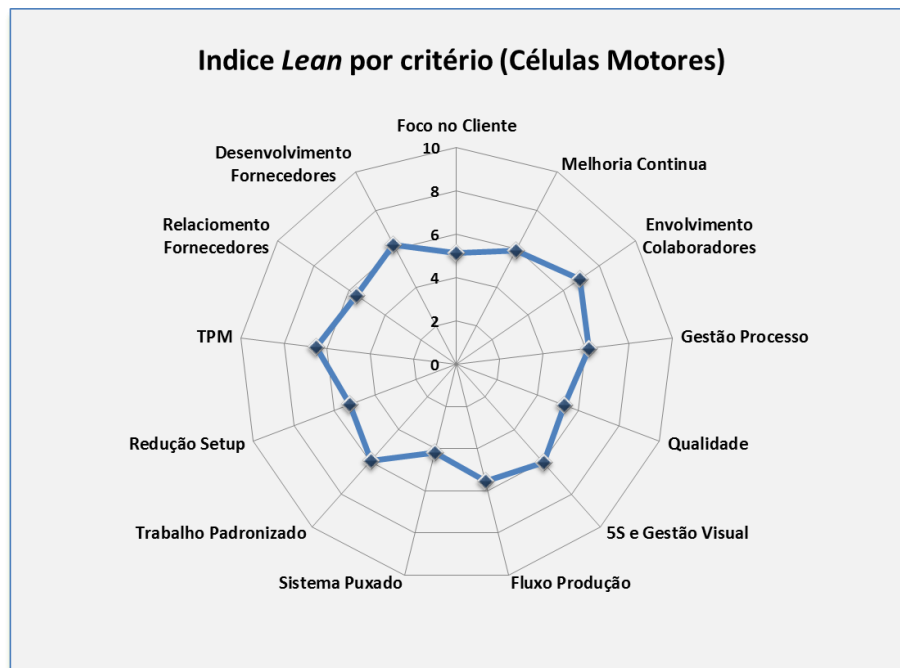


Figura 5.9 - Índice *Lean* agregado por critério (células Motores)

Conforme se pode observar pela figura 5.8, a célula da logística apresenta um comportamento relativamente homogêneo em quase todos os critérios, tendo como pontos mais fortes o “Relacionamento com Fornecedores” e a “Gestão do Processo” e como pontos mais fracos, a “Qualidade” e o “TPM”.

Já a área de motores apresenta um comportamento algo irregular, verifica-se que alguns dos critérios apresentam já índices relativamente elevados, como é o caso do “Envolvimento de Colaboradores” e o “TPM”, enquanto outros estão ainda em níveis relativamente baixos, como é o caso do “Sistema Puxado” e o “Foco no Cliente”.

Por forma a obtermos a representação gráfica do valor do desempenho associado a cada dimensão, procedeu-se à defuzzificação das funções IL_i correlacionadas com cada dimensão com o objectivo de determinar o valor real correspondente ao valor difuso agregado.

As figuras 5.10 e 5.11, ilustram os valores defuzzificados segundo o método de *Chen and Hwang's left-and-right fuzzy ranking* para os Índice *Lean* difuso agregado de cada dimensão (IL_i). Por exemplo, o valor obtido para o Índice IL_2 correspondente à dimensão “Organização” da célula da logística, aplicando as equações (9), (10) e (11) foi:

$$U_T(IL_2) = 5.113.$$

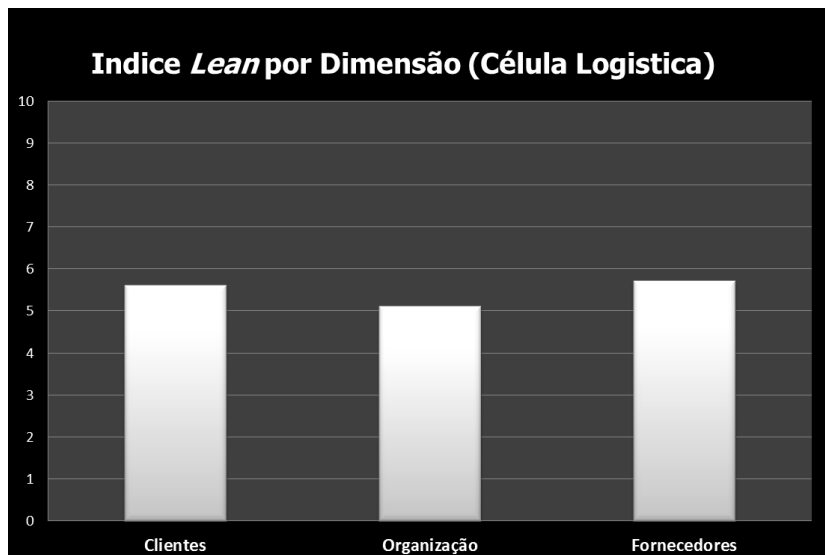


Figura 5.10 - Índice *Lean* agregado por dimensão (Célula Logística)

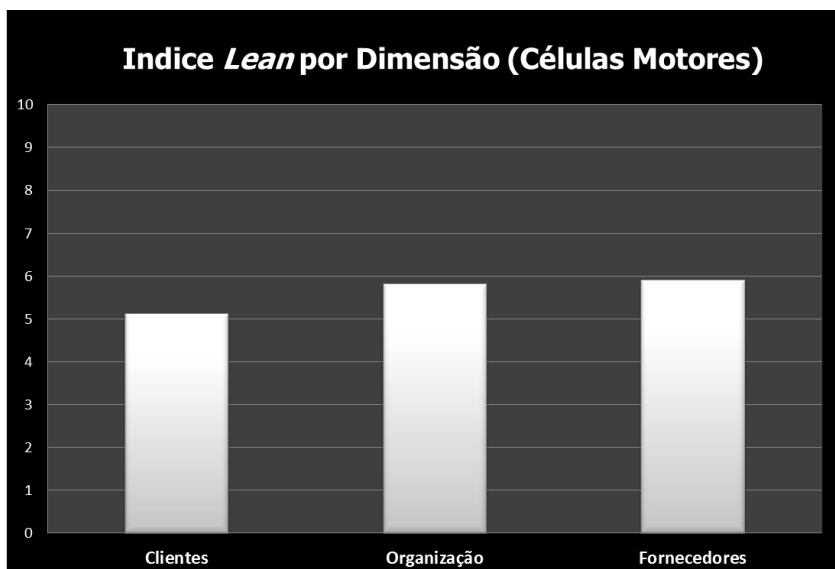


Figura 5.11 - Índice *Lean* agregado por dimensão (Células Motores)

Ao analisarmos os valores obtidos e como seria de esperar pelo resultado obtido nos critérios, a área de motores apresenta como seu ponto fraco a dimensão “Clientes” e melhor desempenho a dimensão fornecedores.

Já a célula da logística apresenta como seu ponto fraco a dimensão “Organização” e como melhor desempenho, tal como as células dos motores, a dimensão “Fornecedores”.

6 Conclusões e recomendações

Este trabalho teve como propósito ajudar a responder às questões: O que é precisamente ser *lean*?, Qual o modelo de avaliação *lean* mais adequado, de modo validar a estratégia de implementação do pensamento *lean* numa organização? e Quão *lean* é a organização?

O modelo desenvolvido e emprega uma abordagem de avaliação qualitativa, permitindo a inclusão de atributos quantitativos, construídos numa lógica difusa, uma vez que esta consegue lidar com a incerteza e a imprecisão dados de entrada, bem como, é igualmente aplicável na análise de variáveis qualitativas de um sistema, transformando-as em valores quantitativos.

Este método fornece informação relativamente realista uma vez que o ILD é expresso numa gama de valores e isso fornece uma visão global sobre nível *lean* de uma organização, garantindo resultados não tendenciosos. Como um exemplo deste estudo, o índice *lean* agregado(ILD_{log}) tem um valor difuso (3.88; 5.50; 7.10).

Tem por base as características enumeradas por Wang and Chen (2009), identificando de forma sistemática as áreas com maior necessidade de melhoria e os factores de constrangimento dentro de uma organização, fornecendo os meios para a gestão formular um plano abrangente de melhoria contínua da organização, podendo assim ser utilizado em auto-avaliação.

A estrutura do presente modelo pode ainda ser informatizada, possibilitando desse modo aos avaliadores e gestores a fácil obtenção do nível *lean* da organização, bem como, dos seus maiores constrangimentos.

Uma grande vantagem do presente modelo é que poderá ser reajustado mediante o tipo, dimensão, estratégia e posicionamento de mercado da organização, quer ao nível dos seus elementos, quer ao nível dos factores de ponderação atribuídos. Situações e exigências competitivas variam de empresa para empresa, por isso, as empresas devem estabelecer os seus próprios critérios e atributos, encaixando desse modo com o seu ambiente e considerações específicas.

Finalmente, existem também algumas limitações nesta abordagem segundo a lógica difusa. As funções de pertença das variáveis linguísticas atribuídas na avaliação de desempenho dependem da percepção do avaliador. Dessa forma, o avaliador deve ser uma pessoa

experiente e com competências na área da pensamento *lean*, a fim de perceber a importância, possibilidade e as tendências de todos os aspectos. Além disso, situações e exigências competitivas variam de empresa para empresa, por isso, as empresas devem estabelecer os seus próprios critérios e atributos, bem como os factores de ponderação a atribuir, encaixando desse modo com o seu ambiente e considerações específicas.

Outra limitação pode ser o processo de recolha de dados para determinar o grau de avaliação dum determinado atributo, é importante que os dados sejam objectivos e reais.

A contribuição deste trabalho visa oferecer uma estrutura racional para avaliar fenómenos imprecisos como é o caso da avaliação *lean*.

Como recomendação sugere-se o desenvolvimento do modelo proposto por forma a acomodar, em simultâneo, tanto abordagens de percepção como de medição, de modo a determinar o nível de implementação do pensamento *lean* nas organizações.

Referências Bibliográficas

- Abreu, A. ; Calado, J. ; Vargas, J. (2015): “Aplicação da lógica difusa para avaliar o nível lean de uma organização”, *ICEUBI2015 – International Conference on Engineering*, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal
- Amin, M. A. (2013): “A Systematic approach for selecting lean strategies and assessing leanness in manufacturing organizations”, Ph.D. Thesis, Queensland University of Technology, Australia.
- Arantes, P. (2008): “*Lean Construction – Filosofia e Metodologias*”, Dissertação Mestrado, FEUP – Faculdade Engenharia Universidade Porto, Portugal
- Bayou, M.E. ; De Korvin, A. (2008): “Measuring the leanness of manufacturing systems- A case study of Ford Motor Company and General Motors”, *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 25, Issue 4, pp 287-304.
- Bashin S. (2011): “Measuring the Leanness of an organization”, *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 2, Issue 1, pp 55-74
- Bashin S. ; Burcher P. (2006): “Lean viewed as a philosophy”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17, Issue 1, pp 56-72.
- Behrouzi, F. ; Wong, K.Y. (2011): “Lean performance evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach”, *Procedia Computer Science*, Vol 3, pp 388-395.
- Burns, R.B. (2000): “*Introduction to research methods*”, London: Thousand Oaks, California.
- Chan, F.T.S. ; Lau, H.C.W. ; Ip, R.W.L. ; Chan, H.K. ; Kong, S. (2005): “Implementation of total productive maintenance: A case study”, *International Journal Production Economics*, Vol. 95, Issue 1, pp 71–94
- Chen, S.J. ; Hwang, C.L. (1992): “*Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods and Application*”, Springer, consultado em <http://www.springer.com/us/book/9783540105589> em 07 de Março 2015.
- Clímaco, M.C. (2005): “*Avaliação de sistemas de educação*”, Lisboa: Universidade Aberta.
- Cohen, L. ; Manion L. ; Morrison K. (2000): “*Research methods in education*”, London: Routledge Falmer.
- Coutinho, C. (2008): “Investigação-Ação metodologia preferencial nas práticas educativas”, *Métodos de Investigação em Educação*, Universidade do Minho, consultado em http://faadsaze.com.sapo.pt/7_caracteristicas.htm, em 14 de Março 2015.
- Costa, I. (2007): “Se você não pode medir, você não pode gerenciar”, consultado em <http://isadoracosta.blogspot.pt/2007/07/se-voc-no-pode-medir-voc-no-pode.html>, em 21 de Março 2015.

Crute, V. ; Ward, Y. ; Brown, S. ; Graves, A. (2003): “Implementing Lean in aerospace - challenging the assumptions and understanding the challenge”, *Technovation*, Vol 23, Issue 12, pp 917–928.

Curry, A. (2005): “L’Action Recherche en Action: L’Implication des Etudiants et des Professionnels”, *World Library and Information Congress: 71th IFLA General Conference and Council*, Oslo, Norway, (online), consultado em: http://www.ifla.org/IV/ifla71/papers/046f_trans-Curry.pdf (24.2.2015).

Detty, R.B. ; Yingling, J.C. (2000): “Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: a case study”, *International Journal Production Research*, Vol. 38, Issue 2, pp 429–445.

Doolen, T. ; Hacker, M. (2005): “A Review of Lean Assessment in Organizations: An Exploratory Study of Lean Practices by Electronics Manufacturers”, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 24, Issue 1, pp 55–67.

Flores, M.A. (2009): “Da Avaliação de professores: reflexões sobre o caso português”, *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa* 2009, Vol. 2, Issue 1, pp 239-256.

França, S. (2013): “*Implementação de Ferramentas de Lean Manufacturing e Lean Office*”, Dissertação Mestrado, FEUP – Faculdade Engenharia Universidade Porto, Portugal

Fogarty, D.W. (1992): “Work in process: performance measures”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 26, Issue 1-3, pp 169-172.

Fullerton, R. ; Wempe W. (2009): “Lean Manufacturing, Non-financial Performance Measures, and Financial Performance”, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 29, Issue 3, pp 214–240.

Goodson, E.R. (2002): “*Read a plant fast*”, *Harvard Business Review*, Vol. 80, Issue 5, pp 105-113

Henderson, B. ; Largo, J. (1999): “*Lean Transformation: How to Change your Business into a Lean Enterprise*”, The Oaklea Press, Richmond.

Hill, T. (1995): “*Manufacturing Strategy*”, McGraw-Hill/Irwin; 3 edition (1999).

Hodge, D. ; Gillespie, D. (2003): “Phrase completions: An alternative to Likert scales”, *Social Work Research*, 27, pp 45–55.

Jamieson, S. (2004): “Likert scales: How to (ab)use them”, *Medical Education*, 38, pp 1217–1218.

Jesus, S. (2012): “*Leanness e Manutenção Produtiva Total (TPM). Modelo de Produtividade e Competitividade, Estudo de Caso*”, Dissertação Mestrado, Instituto Superior Engenharia de Lisboa, Portugal.

Jordan, J.A.; Michel, F.J. (2001): “The lean company: making the right choices”, *Society of Manufacturing Engineers*, Dearborn, MI

- Karlsson, C. ; Ahlstrom, P. (1996): “Assessing changes towards lean production”, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 16, Issue 2, pp 21-41.
- Katayama, H. ; Bennett, D. (1999): “Agility, adaptability and leanness: a comparison of concepts and a study of practice”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 60, pp 43-51.
- Khadem, M. ; Ali, S.A. ; Seifoddini, H. (2008): “Efficacy of lean metrics in evaluation the performance of manufacturing systems”, *International Journal of Industrial Engineering*, 15(2), pp 176-184.
- Krafcik, J.F. (1988): “Triumph of the Lean Production System”, *Sloan Management Review*, Vol. 30, Issue 1, pp 41–52.
- Levinson, W.A. ; Rerick, R.A. (2002): “*Lean enterprise: A synergistic approach to minimizing waste*”, Paperback.
- Lin, C. ; Chiu, H. ; Tseng, Y. (2006): “Agility evaluation using fuzzy logic”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 101, Issue 2, pp 353-368.
- Liker, J.K. (2004): “*Toyota Way*”, New York: McGraw-Hill.
- Lobo, V. (2010): *Sistemas Difusos*, consultado em http://www.novaims.unl.pt/docentes/vlobo/escola_naval/SAD/SAD_EN_5_difusos.pdf a 23 de Agosto 2015.
- Martins, M. (2014): “*Desenvolvimento de funções de lógica difusa para PLC*”, Dissertação Mestrado, Instituto Superior Engenharia do Porto, Portugal.
- Mahfouz, A. (2011): “*An Integrated Framework to Assess ‘Leanness Performance in Distribution Centres’*”, Ph.D. Thesis, Dublin Institute of Technology, England.
- Maia L. ; Alves A. ; Leão C. (2011): “*Metodologias para implementar lean production: Uma revisão critica de literatura*”, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Portugal.
- Melton, T. (2005): “The benefits of lean manufacturing”, *Chemical Engineering Research and Design*, 83(A6): pp 662–673.
- Nakajima, S. (1988): “Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)”. *Productivity Press*, Cambridge.
- Nightingale, D.J. ; Mize, J.H. (2002): “Development of a lean enterprise transformation maturity model”, *Information, Knowledge, Systems Management*, Vol. 3, Issue 1, pp 15-30.
- Pallares, S. ; Buch, R. (2007): “*La evaluación de centros docentes: un enfoque*

Integrado”. Consultado em http://adide.org/revista/index.php?option=com_content&task=view&id=145&Itemid=65 a 12 de Outubro de 2014

Pakdil, F. ; Leonard, K. (2014): “Criteria for a lean organisation: development of a lean assessment tool”, *International Journal of Production Research*, Vol. 52, Issue15, pp 4587-4607.

Pavnaskar, S.J. ; Gershenson, J.K. ; Jambekar, A.B. (2003): “Classification scheme for lean manufacturing tools”, *International Journal Production Research*, 41 (13): pp 3075-3090

Pinto, J. (2008): “Glossário de termos e acrónimos Lean Thinking”, *Edição da Comunidade Lean Thinkink*, Consultado http://molar.crb.ucp.pt/cursos/2%C2%BA%20Ciclo%20-%20Mestrados/Gest%C3%A3o/2009-11/QTGO_0911/Artigos/Pensamento%20magro/Glossario%20leanthinking.pdf a 30 de Junho de 2015.

Pinto, J. (2009): “*Introdução ao Pensamento Lean, a filosofia das organizações vencedoras*”, CLT Services. Consultado em http://pt.slideshare.net/Comunidade_Lean_Thinking/pensamento-lean a 14 de Maio de 2015

Porter, M. (1985): “*Competitive Advantage: creating and sustaining superior performance*”, New York, Free Press.

Qing, L. (2013): “A novel Likert scale based on fuzzy sets theory”, *Expert Systems with Applications*, Volume 40, Issue 5, pp 1609–1618

Rother, M. ; Shook, J. (1998): “*Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*”, V 1.2, *The Lean Enterprise Institute. Inc*, Brookline, MA

Sánchez, M. ; Pérez, M. (2001): “Lean indicators and manufacturing strategies”, *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 21, Issue 11, pp 1433-1451

Saary, M. (2008): “Radar Plots: A Useful Way for Presenting Multivariate Health Care Data”, *Journal of Clinical Epidemiology*, Vol. 61, Issue 4, pp 311–317.

Saurin T.A. ; Marodin, G.A. ; Ribeiro, J.L.D. (2011): “A Framework for Assessing the Use of Lean Production Practices in Manufacturing Cells”, *International Journal of Production Research*, Vol. 49, Issue 11, pp 3211–3230.

Schonberger, R.J. (2005): “Lean extended: it’s much more (and less) than you think”, *Industrial Engineer*, Vol. 37, Issue 12, pp 26–31.

Shah, R. ; Ward, P.T. (2003): “Lean manufacturing: context, practice bundles and performance”, *Journal of Operations Management*, Vol. 21, Issue 2, pp 129-149.

Shah, R. ; Ward, P.T. (2007): “Defining and developing measures of lean production”, *Journal of Operations Management*, vol. 25, Issue 4, pp 785-805

Silva, C. ; Tantardini, M. ; Staudacher, A.P. ; Salviano, K. (2010). “Lean Production Implementation: A survey in Portugal and a comparison of results with Italian, UK and USA companies”, *Proceedings of 17th International Annual EurOMA Conference -Managing Operations in Service Economics*, Universidade Católica Portuguesa, Porto, Portugal

Soriano, H. ; Forrester, P. (2002): “A Model for Evaluating the Degree of Leanness of Manufacturing Firms”, *Integrated Manufacturing Systems*, Vol 13, Issue 2, pp 104–109.

Swink, M. ; Melnyk, S. ; Cooper, M.B. ; Hartley, J. (2011): “*Managing Operations across the Supply Chain*”. New York: McGraw Hill.

Srinivasaraghavan, J. ; Allada, V. (2006): “Application of Mahalanobis distance as a lean assessment metric”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 29, Issue 11, pp 1159-1168

Susilawati, A. ; Tan, J. ; Bell, D. ; Sarwar, M. (2015): “Fuzzy logic based method to measure degree of lean activity in manufacturing industry”, *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 34, pp 1-11.

Taj, S. (2005): “Applying lean assessment tools in Chinese hi-tech industries”, *Management Decision*, Vol. 43 Issue 4, pp.628-643

Uchôa, J. (1998): “*Representação e indução de conhecimento usando teoria de conjuntos aproximados*”. Dissertação Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, Brasil

Vieira, L. (2010): “*Aplicação de Lean Manufacturing na Linha Produtiva da Fedima Tyres*”, Dissertação Mestrado, IST/UTL – Instituto Superior Técnico/Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.

Vinodh, S. ; Balaji S.R. (2011): “Fuzzy logic based leanness assessment and its decision support system”, *International Journal of Production Research*, Vol. 49, Issue 13, pp 4027-4041.

Vinodh, S. ; Chintha S. (2011): “Leanness assessment using multi-grade fuzzy approach”, *International Journal of Production Research*, Vol. 49, Issue 2, pp 431-445.

Vinodh, S. ; Vimal, K. (2012a). “Leanness evaluation using IF-THEN rules”. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 63, Issue 1-4, pp 407-413.

Vinodh, S. ; Vimal K. (2012b): “Thirty criteria based leanness assessment using fuzzy logic approach”. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 60, n. 9-12, pp 1185-1195.

Walter, O.; Tubino, D. (2013): “Assessment methods of lean manufacturing: literature review and classification”, *Gestão & Produção*, Vol. 20, Issue 1, pp 23-45

Wan, H. ; Chen, F. (2006): “A web-based tool for implementation of lean manufacturing”, *Proceedings of 16th Int’l Conf. on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, Limerick, Ireland, pp. 1085–1092.

Wan, H. ; Chen, F. (2008): “A leanness measure of manufacturing systems for quantifying impacts of lean initiatives”, *International Journal of Production Research*, Vol. 46, Issue 23, pp 6567-6584.

Wan, H. ; Chen, F. (2009): “Decision support for lean practitioners: A web-based adaptive assessment approach”, *Computers in Industry* 60, pp 277–283

Wilson, L. (2010): “*How to Implement Lean Manufacturing*”, New York: Mc-Graw Hill.

Womack, J.P. ; Jones, D.T. ; Roos, D. (1990): “*The machine that changed the world*”, Rawson Associates, New York.

Womack, J. ; Jones, D. (1996): “*Lean Thinking – Banish waste and create wealth in your corporation*”, Siman & Schuster, New York, USA

Yang, S.L. ; Li, T.F. (2002): “Agility evaluation of mass customisation product manufacturing”, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 129, Issue 1-3, pp 640–644.

Zadeh, L.A. (1965); “Fuzzy Sets”. *Information and control*, Vol. 8, Issue 3, pp 338-353

Zadeh L.A. (2002): “From computing with numbers to computing with words: from manipulation of measurements to manipulation of perceptions”, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*, Vol.12, Issue 3, pp 307–324.

Zanjirchi, S.M. ; Tooranlo, H.S. ; Nejad, L.Z. (2010): “Measuring Organizational Leanness Using Fuzzy Approach”, *Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Dhaka, Bangladesh.

Anexo A – Excerto do questionário de avaliação da empresa

**Questionário de Avaliação para Células de Melhoria Contínua
NÍVEL BRONZE**

Célula:

Agente de Melhoria Contínua:

Líder de Célula:

Data:

Avaliadores:

Escala:

S Critério atendido

OM Oportunidade de Melhoria

AR Acção requerida

NA Não aplicável

Critério	Condições de Elegibilidade	Comentários
5.2.1	Ter mantido todos os Critérios exigidos no Nível de Qualificação.	
	Os resultados do negócio (indicadores de desempenho da torre de controlo) progrediram e estão afixados.	
	Ter pelo menos 75% dos indicadores de desempenho da torre de controlo com tendência favorável.	
	Não existem não conformidades sem um planeamento ou com acções de implementação em atraso, tanto as internas como as solicitadas por Entidade Certificadora, Entidade Aeronáutica ou Cliente (incluindo reclamações).	
Formação e competências		Comentários
5.2.2	Ter identificado pelo menos um membro da Equipa de 1ª Intervenção OGMA qualificado, por Célula e por turno.	
	Manter a Matriz de Flexibilidade Operacional actualizada.	
	Evidenciar a existência de um plano de formação especificado por tarefa ou estação/posto de trabalho, com base na análise da Matriz de Flexibilidade Operacional, tendo em conta o Plano de Desenvolvimento Individual.	
	Garantir o cumprimento da formação especificada na ONS 388.	
Resultados do negócio		Comentários
5.2.3.2	Estabelecer os indicadores de desempenho para o nível Prata. Identificar lacunas e desenvolver um plano de acção para fechá-las.	
Excelência do Processo, Produto e Serviço		Comentários
5.2.3.3	Mostrar os gráficos de tendência com as melhorias verificadas nos indicadores de desempenho e nos processos chave, com impacto nos Clientes.	
Liderança, Cultura e Ambiente		Comentários
5.2.3.4	Comprovar o conhecimento do Líder e Lideranças relativamente aos Critérios de Excelência.	
	Apresentar as estratégias de implementação planeadas pelos líderes no sentido de garantir o uso das ferramentas dos Critérios de Excelência e o compromisso dos membros da Célula.	

Anexo B – Questionário de Avaliação do modelo proposto

<i>Dimensões (IL_i)</i>	<i>Critérios (IL_{ij})</i>	<i>Atributos (AT_{ijk})</i>
Clientes (IL ₁)	Foco no Cliente – Valor (IL ₁₁)	<p>AT₁₁₁ - Estão claramente identificados os clientes</p> <p>AT₁₁₂ - São efectuadas regularmente pesquisas de satisfação cliente</p> <p>AT₁₁₃ - Existe um processo de análise dos resultados das pesquisas de satisfação ou sugestões de melhoria identificadas pelos clientes</p> <p>AT₁₁₄ - Existe um plano de acção para implementação de oportunidades com valor agregado definidas pelo Cliente</p> <p>AT₁₁₅ - As pesquisas apresentam um grau elevado de satisfação do cliente</p> <p>AT₁₁₆ - É dado feedback ao cliente do plano de acção e cumprimento das melhorias identificadas.</p> <p>AT₁₁₇ - A empresa demonstra capacidade de adaptação às mudanças de necessidades e expectativas dos Clientes.</p> <p>AT₁₁₈ - São efectuadas entregas On-Time e os indicadores são motivo de satisfação dos Clientes.</p> <p>AT₁₁₉ - Os colaboradores encontram-se informados sobre as oportunidades de melhoria identificadas pelos Clientes.</p>
Organização (IL ₂)	Melhoria Continua (IL ₂₁)	<p>AT₂₁₁ - A gestão de topo reconhece o programa de melhoria continua como sendo parte da gestão estratégica da organização e promove a sua implementação.</p> <p>AT₂₁₂ - As lideranças estão comprometidas e suportam os colaboradores em actividades de melhoria continua.</p> <p>AT₂₁₃ - Os colaboradores da empresa estão fortemente empenhados e comprometidos com a empresa.</p> <p>AT₂₁₄ - Periodicamente ocorrem <i>kaizens</i>, workshops, Brainstorming e envolvimento de equipas, nos quais os colaboradores tentam melhorias das actividades ou processos.</p> <p>AT₂₁₅ - Ocorrem regularmente reuniões da equipa de melhoria com a representação adequada (lideranças, Agente de melhoria contínua e membros das várias áreas do fluxo de valor.</p> <p>AT₂₁₆ - Estão identificados e quantificados as categorias de desperdícios mortais e são aplicados os princípios <i>lean</i> na sua eliminação</p> <p>AT₂₁₇ - A empresa disponibiliza os meios necessários à implementação das acções de melhoria continua.</p> <p>AT₂₁₈ - Existe desdobramento da estratégia da organização para os planos de acção das diversas áreas.</p> <p>AT₂₁₉ - As actividades de melhoria contínua estão alinhadas com o desdobramento dos indicadores estratégicos da empresa.</p>
	Envolvimento Colaboradores (IL ₂₂)	<p>AT₂₂₁ - A empresa promove uma cultura de não penalização do erro.</p> <p>AT₂₂₂ - Existe uma lista de projectos, a qual revela uma participação activa e continua dos colaboradores da empresa.</p> <p>AT₂₂₃ - Os colaboradores recebem algum tipo de reconhecimento pela participação activa em actividades de melhoria continua.</p> <p>AT₂₂₄ - Os colaboradores da empresa possuem autonomia e lideram esforços de melhoria dos processos/produtos.</p> <p>AT₂₂₅ - Os colaboradores recebem formação em ferramentas e metodologias <i>lean</i>, inclusivamente em métodos de resolução de problemas.</p> <p>AT₂₂₆ - Os colaboradores da empresa recebem formação funcional transversal e possuem competências para diversas tarefas.</p> <p>AT₂₂₇ - Os líderes e colaboradores demonstram que as ferramentas <i>lean</i> representam a forma de operar da empresa.</p> <p>AT₂₂₈ - Os líderes e colaboradores demonstram que se encontra interiorizado a responsabilidade pela satisfação do Cliente.</p> <p>AT₂₂₉ - Os colaboradores, em caso de problemas, têm autonomia para parar a produção, parcial ou totalmente, bem como, solicitar ajuda quando algum desvio é detectado.</p> <p>AT₂₂₁₀ - A empresa promove um sistema de rotação funções.</p>

<i>Dimensões (IL_i)</i>	<i>CrITÉRIOS (IL_{ij})</i>	<i>Atributos (AT_{ijk})</i>
Organização (IL ₂)	Gestão do Processo (IL ₂₃)	<p>AT₂₃₁ - Existem mapas com o estado actual e futuro para todos os processos ou família de produtos/serviços.</p> <p>AT₂₃₂ - Os mapas do estado actual e futuro são elaborados e analisados por uma equipa com elementos de todas as áreas da empresa envolvidas no fluxo de valor.</p> <p>AT₂₃₃ - Existem planos de acção para implementação do estado futuro dos processos com responsabilidades e prazos.</p> <p>AT₂₃₄ - Estão claramente identificados os fornecedores, clientes e processos (Ex: SIPOC).</p> <p>AT₂₃₅ - Existe um plano para a aplicação das melhores práticas e lições aprendidas nos processos e no trabalho padrão.</p> <p>AT₂₃₆ - Existe uma Matriz de Impacto/Maturidade e é revista pelo menos uma vez por ano.</p> <p>AT₂₃₇ - Existem evidências que os indicadores de desempenho melhoraram de uma forma sustentada.</p> <p>AT₂₃₈ - Existe uma matriz de competências por colaborador.</p> <p>AT₂₃₉ - Existe uma matriz de flexibilidade operacional que contempla backups para todas as actividades.</p> <p>AT₂₃₁₀ - Resultados de Benchmarking são compilados e implementados.</p>
	Qualidade (IL ₂₄)	<p>AT₂₄₁ - Os indicadores de Qualidade (Reclamações, Não Conformidades, Pareto de Sucata e Pareto de defeitos e retrabalhos) são monitorizados e actualizados mensalmente.</p> <p>AT₂₄₂ - Problemas recorrentes são resolvidos com base na análise da causa raiz.</p> <p>AT₂₄₃ - Existe um baixo índice de retrabalhos e os produtos/serviços satisfazem as expectativas dos clientes.</p> <p>AT₂₄₄ - Todos os processos possuem dispositivos para prevenir ou detectar anomalias (<i>Poka-Yoke</i>).</p> <p>AT₂₄₅ - Existe metodologia proactiva na análise e resolução de desvios identificados através de auditorias internas.</p> <p>AT₂₄₆ - Os processos estão sob controlo apresentando baixa variabilidade e esta é reduzida continuamente.</p> <p>AT₂₄₇ - Os indicadores de qualidade (zero não conformidades, sucata, retrabalhos, reclamações de clientes...) cumprem com os AT₂₃₁ - objectivos e expectativas dos clientes.</p>
	5S e Gestão Visual (IL ₂₅)	<p>AT₂₅₁ - O ambiente de trabalho encontra-se limpo, organizado e seguro.</p> <p>AT₂₅₂ - Os produtos/materiais de suporte utilizados encontram-se identificados e existe um sistema de gestão visual estabelecido.</p> <p>AT₂₅₃ - Todas as ferramentas estão organizadas através de um sistema de gestão visual como gavetas sombra, quadros, caixas com sombreado, etc.</p> <p>AT₂₅₄ - Existem dispositivos visuais que permitem identificar a distribuição de trabalho e as prioridades da produção.</p> <p>AT₂₅₅ - Existem painéis sinalizadores para indicar os postos de trabalho parados ou que necessitam de auxilio.</p> <p>AT₂₅₆ - O fluxo dos processos é visível e compreensível do inicio ao fim.</p> <p>AT₂₅₇ - São efectuadas com regularidade inspecções 5S e são implementadas acções correctivas.</p> <p>AT₂₅₈ - Os resultados das auditorias 5S são divulgados e estão afixados.</p> <p>AT₂₅₉ - Existe um plano de manutenção com a frequência de limpeza definida para todos os objectos/equipamentos.</p> <p>AT₂₅₁₀ - Existe um quadro de gestão à vista em local bem visível e identificado com todas as informações actualizadas.</p> <p>AT₂₅₁₁ - Informação visual é fixada na célula para comunicação da prevenção de riscos. Verificar a existência de sinalização de solo e placas sobre a utilização de EPI, onde aplicável.</p>

<i>Dimensões</i> (IL_i)	<i>Critérios</i> (IL_{ij})	<i>Atributos</i> (AT_{ijk})
Organização (IL_2)	Fluxo de Produção (IL_{26})	<p>AT₂₆₁ - Produtos são classificados por grupos com requisitos de processo semelhantes</p> <p>AT₂₆₂ - São utilizadas células de fabricação e os equipamentos são agrupados para produzir um fluxo de famílias de produtos</p> <p>AT₂₆₃ - A Família de produtos/processos determina o layout</p> <p>AT₂₆₄ - Não existem <i>stocks</i> intermédios ou material/peças em espera entre estações de trabalho, excepto supermercados controlados</p> <p>AT₂₆₅ - Peças unitárias são produzidas e movimentadas entre operações.</p> <p>AT₂₆₆ - O processo subsequente retira do processo precedente os itens de sua necessidade, apenas nas quantidades e tempo necessário</p> <p>AT₂₆₇ - Existe uma programação nivelada/balanceada de ordens de produção.</p> <p>AT₂₆₈ - Não existem variações grandes e rápidas no mix de peças e volumes de produção devido por exemplo à introdução de emergências de produção.</p>
	Sistema Puxado (IL_{27})	<p>AT₂₇₁ - A produção é puxada pelo envio de produtos acabados</p> <p>AT₂₇₂ - A produção em cada estação é puxada pela necessidade da estação seguinte</p> <p>AT₂₇₃ - São utilizados <i>kanban</i> de produção recorrendo-se a quadros e sinalizações para os controlar</p>
	Trabalho Puxado (IL_{28})	<p>AT₂₈₁ - Todos os processos/produtos encontram-se documentados através de normas ou instruções de trabalho para todas as operações descrevendo procedimentos, tempos, movimentos e resultados esperados.</p> <p>AT₂₈₂ - Estudos de tempos foram concluídos para 100% dos produtos/processos.</p> <p>AT₂₈₃ - Existem auditorias periódicas para avaliar se os procedimentos estão em conformidade com as instruções de trabalho.</p> <p>AT₂₈₄ - Os colaboradores participam activamente na elaboração dos procedimentos e instruções de trabalho por forma a incorporar as suas experiências</p> <p>AT₂₈₅ - Junto a cada posto de trabalho existem instruções claras e ilustrativas de como fazer e todos os colaboradores encontram-se familiarizados com a documentação disponibilizada</p> <p>AT₂₈₆ - Melhorias resultantes de projectos de melhoria continua e acções de eliminação de desperdícios, encontram-se reflectidas nas instruções de trabalho.</p>
	Redução Setup (IL_{29})	<p>AT₂₉₁ - O <i>setup</i> interno está separado do <i>setup</i> externo e as tarefas são <i>standard</i>.</p> <p>AT₂₉₂ - No <i>setup</i> interno apenas remoção e colocação de ferramentas é efectuado</p> <p>AT₂₉₃ - Os <i>setups</i> são regularmente estudados e o seu tempo reduzido.</p> <p>AT₂₉₄ - Existe espaço suficiente em volta das máquinas por forma a facilitar a movimentação de operadores e equipamentos durante os <i>setups</i>.</p>

<i>Dimensões (IL_i)</i>	<i>Critérios (IL_{ij})</i>	<i>Atributos (AT_{ijk})</i>
Organização (IL ₂)	Manutenção Produtiva Total (IL ₂₁₀)	<p>AT₂₁₀₁ - Existe um plano de actividades de manutenção para todos os equipamentos de acordo com a sua classificação.</p> <p>AT₂₁₀₂ - O plano de actividades de manutenção é monitorizado e cumprido.</p> <p>AT₂₁₀₃ - Existem procedimentos para orientar as actividades de manutenção.</p> <p>AT₂₁₀₄ - Os colaboradores recebem formação para detectarem anomalias nas máquinas e nos equipamentos que operam.</p> <p>AT₂₁₀₅ - Os colaboradores estão capacitados e executam pequenas operações de manutenção autónoma.</p> <p>AT₂₁₀₆ - Existem registos das actividades de manutenção planeadas.</p> <p>AT₂₁₀₇ - Estão definidas rondas de inspecção aos equipamentos, frequência e responsável.</p> <p>AT₂₁₀₈ - As ferramentas de manutenção preditiva estão incluídas nos procedimentos de manutenção preventiva ou rondas de inspecção.</p> <p>AT₂₁₀₉ - Existe um registo de informação sobre paragem de equipamentos com a data da ocorrência, tempo de paragem e causa raiz do problema.</p> <p>AT₂₁₀₁₀ - As causas de ineficiências das máquinas são registadas, priorizadas e acções correctivas adoptadas.</p> <p>AT₂₁₀₁₁ - É monitorizada e garantida a disponibilidade dos equipamentos de acordo com o seu impacto no processo.</p>
Fornecedores (IL ₃)	Relacionamento com Fornecedores (IL ₃₁)	<p>AT₃₁₁ - Existe contacto próximo e frequente com os fornecedores.</p> <p>AT₃₁₂ - Os fornecedores visitam frequentemente as instalações da empresa.</p> <p>AT₃₁₃ - Frequentemente são efectuadas visitas aos fornecedores.</p> <p>AT₃₁₄ - É dado aos fornecedores feedback da qualidade dos fornecimentos e performance dos envios.</p> <p>AT₃₁₅ - Existe um esforço para estabelecer relações de longo termo com os fornecedores.</p> <p>AT₃₁₆ - Existe um programa de certificação de fornecedores.</p>
	Desenvolvimento Fornecedores (IL ₃₂)	<p>AT₃₂₁ - Os fornecedores estão contratualmente comprometidos na redução anual de custos.</p> <p>AT₃₂₂ - É providenciada assistência técnica aos fornecedores.</p> <p>AT₃₂₃ - Os fornecedores são envolvidos em actividades/acções de melhoria continua.</p> <p>AT₃₂₄ - Existem esforços para reduzir o numero de fornecedores em cada categoria.</p> <p>AT₃₂₅ - Os fornecedores chave participam activamente na gestão do inventário.</p> <p>AT₃₂₆ - Os fornecedores são avaliados por custos totais e não por custo por unidade.</p>

Anexo C – Factores de ponderação

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	W_i	W_{ij}	W_{ijk}				
IL ₁	IL ₁₁	AT ₁₁₁	E	ME	RE				
		AT ₁₁₂			RE				
		AT ₁₁₃			E				
		AT ₁₁₄			RE				
		AT ₁₁₅			ME				
		AT ₁₁₆			RE				
		AT ₁₁₇			ME				
		AT ₁₁₈			ME				
		AT ₁₁₉			M				
		IL ₂			IL ₂₁	AT ₂₁₁	ME	ME	ME
						AT ₂₁₂			E
						AT ₂₁₃			E
						AT ₂₁₄			E
						AT ₂₁₅			RE
						AT ₂₁₆			RE
						AT ₂₁₇			ME
						AT ₂₁₈			E
						AT ₂₁₉			ME
						IL ₂			IL ₂₂
AT ₂₂₂	E								
AT ₂₂₃	RB								
AT ₂₂₄	RE								
AT ₂₂₅	RE								
AT ₂₂₆	M								
AT ₂₂₇	ME								
AT ₂₂₈	ME								
AT ₂₂₉	M								
AT ₂₂₁₀	B								
IL ₂₃	IL ₂₃	AT ₂₃₁	E	E	RE				
		AT ₂₃₂			RE				
		AT ₂₃₃			E				
		AT ₂₃₄			RE				
		AT ₂₃₅			M				
		AT ₂₃₆			M				
		AT ₂₃₇			ME				
		AT ₂₃₈			M				
		AT ₂₃₉			RE				
		AT ₂₃₁₀			M				
IL ₂₄	IL ₂₄	AT ₂₄₁	E	E	M				
		AT ₂₄₂			E				
		AT ₂₄₃			ME				
		AT ₂₄₄			RE				
		AT ₂₄₅			M				
		AT ₂₄₆			M				
		AT ₂₄₇			M				

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	W_i	W_{ij}	W_{ijk}	
	IL ₂₅	AT ₂₅₁		RE	E	
		AT ₂₅₂			E	
		AT ₂₅₃			RE	
		AT ₂₅₄			E	
		AT ₂₅₅			E	
		AT ₂₅₆			RE	
		AT ₂₅₇			M	
		AT ₂₅₈			B	
		AT ₂₅₉			RB	
		AT ₂₅₁₀			RB	
		AT ₂₅₁₁			RE	
	IL ₂₆	AT ₂₆₁		RE	M	
		AT ₂₆₂			M	
		AT ₂₆₃			M	
		AT ₂₆₄			RE	
		AT ₂₆₅			M	
		AT ₂₆₆			E	
		AT ₂₆₇			RE	
	IL ₂₇	AT ₂₆₈			E	
		AT ₂₇₁		RE	RE	
		AT ₂₇₂			E	
	IL ₂₈	AT ₂₇₃			RB	
		AT ₂₈₁		RE	E	
		AT ₂₈₂			M	
		AT ₂₈₃			RB	
		AT ₂₈₄			M	
	IL ₂₉	AT ₂₈₅			E	
		AT ₂₈₆			RE	
		AT ₂₉₁		M	RE	
		AT ₂₉₂			RE	
	IL ₂₁₀	AT ₂₉₃			M	
		AT ₂₉₄			B	
		AT ₂₁₀₁		M	E	
		AT ₂₁₀₂			RE	
		AT ₂₁₀₃			M	
		AT ₂₁₀₄			RE	
		AT ₂₁₀₅			RE	
		AT ₂₁₀₆			B	
		AT ₂₁₀₇			M	
		AT ₂₁₀₈			M	
	IL ₃	AT ₂₁₀₉			M	
		AT ₂₁₀₁₀			M	
		AT ₂₁₀₁₁			E	
		IL ₃₁	AT ₃₁₁	M	RE	RB
			AT ₃₁₂			B
			AT ₃₁₃			MB
			AT ₃₁₄			RE
			AT ₃₁₅			E
		IL ₃₂	AT ₃₁₆			E
			AT ₃₂₁		RE	E
			AT ₃₂₂			B
	AT ₃₂₃				E	
	AT ₃₂₄				E	
	AT ₃₂₅				B	
		AT ₃₂₆			M	

Anexo D – Funções de pertença dos factores de ponderação

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	W_i	W_{ij}	W_{ijk}
IL_1	IL_{11}	AT_{111}	$(0,7; 0,8; 0,9)$	$(0,85; 0,95; 1)$	$(0,5; 0,65; 0,8)$
		AT_{112}			$(0,5; 0,65; 0,8)$
		AT_{113}			$(0,7; 0,8; 0,9)$
		AT_{114}			$(0,5; 0,65; 0,8)$
		AT_{115}			$(0,85; 0,95; 1)$
		AT_{116}			$(0,5; 0,65; 0,8)$
		AT_{117}			$(0,85; 0,95; 1)$
		AT_{118}			$(0,85; 0,95; 1)$
		AT_{119}			$(0,3; 0,5; 0,7)$
IL_2	IL_{21}	AT_{211}	$(0,85; 0,95; 1)$	$(0,85; 0,95; 1)$	$(0,85; 0,95; 1)$
		AT_{212}			$(0,7; 0,8; 0,9)$
		AT_{213}			$(0,7; 0,8; 0,9)$
		AT_{214}			$(0,7; 0,8; 0,9)$
		AT_{215}			$(0,5; 0,65; 0,8)$
		AT_{216}			$(0,5; 0,65; 0,8)$
		AT_{217}			$(0,85; 0,95; 1)$
		AT_{218}			$(0,7; 0,8; 0,9)$
		AT_{219}			$(0,85; 0,95; 1)$
	IL_{22}	AT_{221}	$(0,85; 0,95; 1)$	$(0,7; 0,8; 0,9)$	
				$(0,7; 0,8; 0,9)$	
				$(0,2; 0,35; 0,5)$	
				$(0,5; 0,65; 0,8)$	
				$(0,5; 0,65; 0,8)$	
				$(0,3; 0,5; 0,7)$	
				$(0,85; 0,95; 1)$	
				$(0,85; 0,95; 1)$	
				$(0,3; 0,5; 0,7)$	
				$(0,1; 0,2; 0,3)$	
	IL_{23}	AT_{231}	$(0,7; 0,8; 0,9)$	$(0,5; 0,65; 0,8)$	
				$(0,5; 0,65; 0,8)$	
				$(0,7; 0,8; 0,9)$	
				$(0,5; 0,65; 0,8)$	
				$(0,3; 0,5; 0,7)$	
				$(0,3; 0,5; 0,7)$	
				$(0,85; 0,95; 1)$	
				$(0,3; 0,5; 0,7)$	
$(0,5; 0,65; 0,8)$					
$(0,3; 0,5; 0,7)$					
IL_{24}	AT_{241}	$(0,7; 0,8; 0,9)$	$(0,3; 0,5; 0,7)$		
			$(0,7; 0,8; 0,9)$		
			$(0,85; 0,95; 1)$		
			$(0,5; 0,65; 0,8)$		
			$(0,3; 0,5; 0,7)$		
			$(0,3; 0,5; 0,7)$		
			$(0,5; 0,65; 0,8)$		
			$(0,3; 0,5; 0,7)$		

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	W_i	W_{ij}	W_{ijk}	
	IL ₂₅	AT ₂₅₁		(0,5; 0,65; 0,8)	(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₂₅₂			(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₂₅₃			(0,5; 0,65; 0,8)	
		AT ₂₅₄			(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₂₅₅			(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₂₅₆			(0,5; 0,65; 0,8)	
		AT ₂₅₇			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₅₈			(0,1; 0,2; 0,3)	
		AT ₂₅₉			(0,2; 0,35; 0,5)	
		AT ₂₅₁₀			(0,2; 0,35; 0,5)	
		AT ₂₅₁₁			(0,5; 0,65; 0,8)	
	IL ₂₆	AT ₂₆₁		(0,5; 0,65; 0,8)	(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₆₂			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₆₃			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₆₄			(0,5; 0,65; 0,8)	
		AT ₂₆₅			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₆₆			(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₂₆₇			(0,5; 0,65; 0,8)	
		AT ₂₆₈			(0,7; 0,8; 0,9)	
	IL ₂₇	AT ₂₇₁		(0,5; 0,65; 0,8)	(0,5; 0,65; 0,8)	
		AT ₂₇₂			(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₂₇₃			(0,2; 0,35; 0,5)	
	IL ₂₈	AT ₂₈₁		(0,5; 0,65; 0,8)	(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₂₈₂			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₈₃			(0,2; 0,35; 0,5)	
		AT ₂₈₄			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₈₅			(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₂₈₆			(0,5; 0,65; 0,8)	
	IL ₂₉	AT ₂₉₁		(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,65; 0,8)	
		AT ₂₉₂			(0,5; 0,65; 0,8)	
		AT ₂₉₃			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₉₄			(0,1; 0,2; 0,3)	
	IL ₂₁₀	AT ₂₁₀₁		(0,3; 0,5; 0,7)	(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₂₁₀₂			(0,5; 0,65; 0,8)	
		AT ₂₁₀₃			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₁₀₄			(0,5; 0,65; 0,8)	
		AT ₂₁₀₅			(0,5; 0,65; 0,8)	
		AT ₂₁₀₆			(0,1; 0,2; 0,3)	
		AT ₂₁₀₇			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₁₀₈			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₁₀₉			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₁₀₁₀			(0,3; 0,5; 0,7)	
		AT ₂₁₀₁₁			(0,7; 0,8; 0,9)	
IL ₃	IL ₃₁	AT ₃₁₁	(0,3; 0,5; 0,7)	(0,5; 0,65; 0,8)	(0,2; 0,35; 0,5)	
		AT ₃₁₂			(0,1; 0,2; 0,3)	
		AT ₃₁₃			(0; 0,05; 0,15)	
		AT ₃₁₄			(0,5; 0,65; 0,8)	
		AT ₃₁₅			(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₃₁₆			(0,7; 0,8; 0,9)	
	IL ₃₂	AT ₃₂₁			(0,5; 0,65; 0,8)	(0,7; 0,8; 0,9)
		AT ₃₂₂			(0,1; 0,2; 0,3)	
		AT ₃₂₃			(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₃₂₄			(0,7; 0,8; 0,9)	
		AT ₃₂₅			(0,1; 0,2; 0,3)	
		AT ₃₂₆			(0,3; 0,5; 0,7)	

Anexo E – Avaliação de desempenho da célula da logística

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	A_{ijk}	
IL ₁	IL ₁₁	AT ₁₁₁	B	
		AT ₁₁₂	B	
		AT ₁₁₃	SB	
		AT ₁₁₄	S	
		AT ₁₁₅	SB	
		AT ₁₁₆	SP	
		AT ₁₁₇	S	
		AT ₁₁₈	S	
		AT ₁₁₉	SP	
	IL ₂	IL ₂₁	AT ₂₁₁	S
			AT ₂₁₂	SB
			AT ₂₁₃	S
			AT ₂₁₄	SP
			AT ₂₁₅	B
			AT ₂₁₆	SP
			AT ₂₁₇	SP
			AT ₂₁₈	S
			AT ₂₁₉	S
			IL ₂₂	AT ₂₂₁
		AT ₂₂₂	S	
		AT ₂₂₃	B	
		AT ₂₂₄	SP	
		AT ₂₂₅	SB	
		AT ₂₂₆	S	
		AT ₂₂₇	SP	
		AT ₂₂₈	SB	
		AT ₂₂₉	SB	
		AT ₂₂₁₀	S	
	IL ₂₃	AT ₂₃₁	SP	
		AT ₂₃₂	I	
		AT ₂₃₃	B	
		AT ₂₃₄	B	
		AT ₂₃₅	SB	
		AT ₂₃₆	I	
		AT ₂₃₇	B	
		AT ₂₃₈	B	
		AT ₂₃₉	SB	
		AT ₂₃₁₀	I	
	IL ₂₄	AT ₂₄₁	M	
		AT ₂₄₂	E	
		AT ₂₄₃	ME	
		AT ₂₄₄	RE	
		AT ₂₄₅	M	
		AT ₂₄₆	M	
		AT ₂₄₇	M	

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	A_{ijk}
	IL_{25}	AT ₂₅₁	E
		AT ₂₅₂	E
		AT ₂₅₃	RE
		AT ₂₅₄	E
		AT ₂₅₅	E
		AT ₂₅₆	RE
		AT ₂₅₇	M
		AT ₂₅₈	B
		AT ₂₅₉	RB
		AT ₂₅₁₀	RB
		AT ₂₅₁₁	RE
	IL_{26}	AT ₂₆₁	B
		AT ₂₆₂	SB
		AT ₂₆₃	B
		AT ₂₆₄	SP
		AT ₂₆₅	SB
		AT ₂₆₆	SB
		AT ₂₆₇	S
		AT ₂₆₈	I
	IL_{27}	AT ₂₇₁	SB
		AT ₂₇₂	S
		AT ₂₇₃	S
	IL_{28}	AT ₂₈₁	S
		AT ₂₈₂	SP
		AT ₂₈₃	I
		AT ₂₈₄	SB
		AT ₂₈₅	S
		AT ₂₈₆	SB
	IL_{29}	AT ₂₉₁	S
		AT ₂₉₂	S
		AT ₂₉₃	SP
		AT ₂₉₄	SB
	IL_{210}	AT ₂₁₀₁	SB
		AT ₂₁₀₂	B
		AT ₂₁₀₃	B
		AT ₂₁₀₄	SB
		AT ₂₁₀₅	S
		AT ₂₁₀₆	B
		AT ₂₁₀₇	I
		AT ₂₁₀₈	I
		AT ₂₁₀₉	I
		AT ₂₁₀₁₀	I
		AT ₂₁₀₁₁	I
IL_3	IL_{31}	AT ₃₁₁	B
		AT ₃₁₂	B
		AT ₃₁₃	SB
		AT ₃₁₄	S
		AT ₃₁₅	SB
		AT ₃₁₆	S
	IL_{32}	AT ₃₂₁	SB
		AT ₃₂₂	SB
		AT ₃₂₃	SP
		AT ₃₂₄	SB
		AT ₃₂₅	S
		AT ₃₂₆	SB

Anexo F – Avaliação de desempenho das células dos Motores

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	A_{ijk}		
IL_1	IL_{11}	AT_{111}	B		
		AT_{112}	SP		
		AT_{113}	SB		
		AT_{114}	SP		
		AT_{115}	SB		
		AT_{116}	SP		
		AT_{117}	SB		
		AT_{118}	I		
		AT_{119}	SB		
		IL_2	IL_{21}	AT_{211}	S
				AT_{212}	B
				AT_{213}	B
				AT_{214}	B
				AT_{215}	B
				AT_{216}	S
				AT_{217}	SP
				AT_{218}	S
				AT_{219}	S
				IL_{22}	AT_{221}
AT_{222}	B				
AT_{223}	B				
AT_{224}	B				
AT_{225}	B				
AT_{226}	SB				
AT_{227}	SB				
AT_{228}	B				
IL_{23}	IL_{23}		AT_{229}	S	
			AT_{2210}	S	
		AT_{231}	SB		
		AT_{232}	B		
		AT_{233}	SB		
		AT_{234}	B		
		AT_{235}	SB		
		AT_{236}	I		
		AT_{237}	SP		
		AT_{238}	B		
IL_{24}	IL_{24}	AT_{239}	B		
		AT_{2310}	SB		
		AT_{241}	B		
		AT_{242}	SB		
		AT_{243}	S		
		AT_{244}	SP		
		AT_{245}	B		
		AT_{246}	SP		
		AT_{247}	SP		

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	A_{ijk}
	IL_{25}	AT ₂₅₁	B
		AT ₂₅₂	B
		AT ₂₅₃	SB
		AT ₂₅₄	S
		AT ₂₅₅	SP
		AT ₂₅₆	SB
		AT ₂₅₇	SP
		AT ₂₅₈	I
		AT ₂₅₉	SB
		AT ₂₅₁₀	B
		AT ₂₅₁₁	B
	IL_{26}	AT ₂₆₁	B
		AT ₂₆₂	SB
		AT ₂₆₃	B
		AT ₂₆₄	S
		AT ₂₆₅	SB
		AT ₂₆₆	SB
		AT ₂₆₇	S
		AT ₂₆₈	I
	IL_{27}	AT ₂₇₁	S
		AT ₂₇₂	SP
		AT ₂₇₃	SP
	IL_{28}	AT ₂₈₁	S
		AT ₂₈₂	SP
		AT ₂₈₃	S
		AT ₂₈₄	B
		AT ₂₈₅	SB
		AT ₂₈₆	B
	IL_{29}	AT ₂₉₁	S
		AT ₂₉₂	S
		AT ₂₉₃	S
		AT ₂₉₄	B
	IL_{210}	AT ₂₁₀₁	B
		AT ₂₁₀₂	SB
		AT ₂₁₀₃	B
		AT ₂₁₀₄	B
		AT ₂₁₀₅	SB
		AT ₂₁₀₆	B
		AT ₂₁₀₇	B
		AT ₂₁₀₈	SB
		AT ₂₁₀₉	SB
		AT ₂₁₀₁₀	SP
		AT ₂₁₀₁₁	S
IL_3	IL_{31}	AT ₃₁₁	SB
		AT ₃₁₂	SB
		AT ₃₁₃	S
		AT ₃₁₄	S
		AT ₃₁₅	SB
		AT ₃₁₆	S
	IL_{32}	AT ₃₂₁	SB
		AT ₃₂₂	SB
		AT ₃₂₃	SB
		AT ₃₂₄	SB
		AT ₃₂₅	S
		AT ₃₂₆	SB

Anexo G – Funções pertença da avaliação de desempenho (Célula Logística)

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	A_{ijk}
IL_1	IL_{11}	AT_{111}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{112}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{113}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{114}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{115}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{116}	(2 ; 3,5 ; 5)
		AT_{117}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{118}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{119}	(2 ; 3,5 ; 5)
		IL_2	IL_{21}
AT_{212}	(5 ; 6,5 ; 8)		
AT_{213}	(3 ; 5 ; 7)		
AT_{214}	(2 ; 3,5 ; 5)		
AT_{215}	(7 ; 8 ; 9)		
AT_{216}	(2 ; 3,5 ; 5)		
AT_{217}	(2 ; 3,5 ; 5)		
AT_{218}	(3 ; 5 ; 7)		
AT_{219}	(3 ; 5 ; 7)		
IL_{22}	AT_{221}		
	AT_{222}		(3 ; 5 ; 7)
	AT_{223}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{224}		(2 ; 3,5 ; 5)
	AT_{225}		(5 ; 6,5 ; 8)
	AT_{226}		(3 ; 5 ; 7)
	AT_{227}		(2 ; 3,5 ; 5)
	AT_{228}		(5 ; 6,5 ; 8)
	AT_{229}		(5 ; 6,5 ; 8)
	AT_{2210}		(3 ; 5 ; 7)
IL_{23}	AT_{231}		(2 ; 3,5 ; 5)
	AT_{232}		(1 ; 2 ; 3)
	AT_{233}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{234}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{235}		(5 ; 6,5 ; 8)
	AT_{236}		(1 ; 2 ; 3)
	AT_{237}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{238}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{239}		(5 ; 6,5 ; 8)
	AT_{2310}		(1 ; 2 ; 3)
IL_{24}	AT_{241}		(5 ; 6,5 ; 8)
	AT_{242}	(2 ; 3,5 ; 5)	
	AT_{243}	(1 ; 2 ; 3)	
	AT_{244}	(5 ; 6,5 ; 8)	
	AT_{245}	(5 ; 6,5 ; 8)	
	AT_{246}	(2 ; 3,5 ; 5)	
	AT_{247}	(2 ; 3,5 ; 5)	

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	A_{ijk}
	IL_{25}	AT_{251}	(3; 5; 7)
		AT_{252}	(3; 5; 7)
		AT_{253}	(3; 5; 7)
		AT_{254}	(3; 5; 7)
		AT_{255}	(3; 5; 7)
		AT_{256}	(5; 6,5; 8)
		AT_{257}	(1; 2; 3)
		AT_{258}	(1; 2; 3)
		AT_{259}	(5; 6,5; 8)
		AT_{2510}	(5; 6,5; 8)
		AT_{2511}	(7; 8; 9)
	IL_{26}	AT_{261}	(7; 8; 9)
		AT_{262}	(5; 6,5; 8)
		AT_{263}	(7; 8; 9)
		AT_{264}	(2; 3,5; 5)
		AT_{265}	(5; 6,5; 8)
		AT_{266}	(5; 6,5; 8)
		AT_{267}	(3; 5; 7)
		AT_{268}	(1; 2; 3)
	IL_{27}	AT_{271}	(5; 6,5; 8)
		AT_{272}	(3; 5; 7)
		AT_{273}	(3; 5; 7)
	IL_{28}	AT_{281}	(3; 5; 7)
		AT_{282}	(2; 3,5; 5)
		AT_{283}	(1; 2; 3)
		AT_{284}	(5; 6,5; 8)
		AT_{285}	(3; 5; 7)
		AT_{286}	(5; 6,5; 8)
	IL_{29}	AT_{291}	(3; 5; 7)
		AT_{292}	(3; 5; 7)
		AT_{293}	(2; 3,5; 5)
		AT_{294}	(5; 6,5; 8)
	IL_{210}	AT_{2101}	(5; 6,5; 8)
		AT_{2102}	(7; 8; 9)
		AT_{2103}	(7; 8; 9)
		AT_{2104}	(5; 6,5; 8)
		AT_{2105}	(3; 5; 7)
		AT_{2106}	(7; 8; 9)
		AT_{2107}	(1; 2; 3)
		AT_{2108}	(1; 2; 3)
		AT_{2109}	(1; 2; 3)
		AT_{21010}	(1; 2; 3)
		AT_{21011}	(1; 2; 3)
IL_3	IL_{31}	AT_{311}	(7; 8; 9)
		AT_{312}	(7; 8; 9)
		AT_{313}	(5; 6,5; 8)
		AT_{314}	(3; 5; 7)
		AT_{315}	(5; 6,5; 8)
		AT_{316}	(3; 5; 7)
	IL_{32}	AT_{321}	(5; 6,5; 8)
		AT_{322}	(5; 6,5; 8)
		AT_{323}	(2; 3,5; 5)
		AT_{324}	(5; 6,5; 8)
		AT_{325}	(3; 5; 7)
		AT_{326}	(5; 6,5; 8)

Anexo H – Funções pertença da avaliação de desempenho (Células Motores)

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	A_{ijk}
IL_1	IL_{11}	AT_{111}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{112}	(2 ; 3,5 ; 5)
		AT_{113}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{114}	(2 ; 3,5 ; 5)
		AT_{115}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{116}	(2 ; 3,5 ; 5)
		AT_{117}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{118}	(1 ; 2 ; 3)
		AT_{119}	(5 ; 6,5 ; 8)
		IL_2	IL_{21}
AT_{212}	(7 ; 8 ; 9)		
AT_{213}	(7 ; 8 ; 9)		
AT_{214}	(7 ; 8 ; 9)		
AT_{215}	(7 ; 8 ; 9)		
AT_{216}	(3 ; 5 ; 7)		
AT_{217}	(2 ; 3,5 ; 5)		
AT_{218}	(3 ; 5 ; 7)		
AT_{219}	(3 ; 5 ; 7)		
IL_{22}	AT_{221}		
	AT_{222}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{223}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{224}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{225}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{226}		(5 ; 6,5 ; 8)
	AT_{227}		(5 ; 6,5 ; 8)
	AT_{228}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{229}		(3 ; 5 ; 7)
	AT_{2210}		(3 ; 5 ; 7)
IL_{23}	AT_{231}		(5 ; 6,5 ; 8)
	AT_{232}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{233}		(5 ; 6,5 ; 8)
	AT_{234}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{235}		(5 ; 6,5 ; 8)
	AT_{236}		(1 ; 2 ; 3)
	AT_{237}		(2 ; 3,5 ; 5)
	AT_{238}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{239}		(7 ; 8 ; 9)
	AT_{2310}	(5 ; 6,5 ; 8)	
IL_{24}	AT_{241}	(7 ; 8 ; 9)	
	AT_{242}	(5 ; 6,5 ; 8)	
	AT_{243}	(3 ; 5 ; 7)	
	AT_{244}	(2 ; 3,5 ; 5)	
	AT_{245}	(7 ; 8 ; 9)	
	AT_{246}	(2 ; 3,5 ; 5)	
	AT_{247}	(2 ; 3,5 ; 5)	

IL_i	IL_{ij}	AT_{ijk}	A_{ijk}
	IL_{25}	AT_{251}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{252}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{253}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{254}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{255}	(2 ; 3,5 ; 5)
		AT_{256}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{257}	(2 ; 3,5 ; 5)
		AT_{258}	(1 ; 2 ; 3)
		AT_{259}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{2510}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{2511}	(7 ; 8 ; 9)
	IL_{26}	AT_{261}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{262}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{263}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{264}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{265}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{266}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{267}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{268}	(1 ; 2 ; 3)
	IL_{27}	AT_{271}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{272}	(2 ; 3,5 ; 5)
		AT_{273}	(2 ; 3,5 ; 5)
	IL_{28}	AT_{281}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{282}	(2 ; 3,5 ; 5)
		AT_{283}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{284}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{285}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{286}	(7 ; 8 ; 9)
	IL_{29}	AT_{291}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{292}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{293}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{294}	(7 ; 8 ; 9)
	IL_{210}	AT_{2101}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{2102}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{2103}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{2104}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{2105}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{2106}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{2107}	(7 ; 8 ; 9)
		AT_{2108}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{2109}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{21010}	(2 ; 3,5 ; 5)
		AT_{21011}	(3 ; 5 ; 7)
IL_3	IL_{31}	AT_{311}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{312}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{313}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{314}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{315}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{316}	(3 ; 5 ; 7)
	IL_{32}	AT_{321}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{322}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{323}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{324}	(5 ; 6,5 ; 8)
		AT_{325}	(3 ; 5 ; 7)
		AT_{326}	(5 ; 6,5 ; 8)

Anexo I – Índices *Lean* difusos agregados (Células motores)

<i>IL_i</i>	<i>IL_{ij}</i>
Clientes (3.76; 5.15; 6.54)	Foco no Cliente (3.76; 5.15; 6.54)
Organização (4.48; 5.94; 7.39)	Melhoria Continua (4.50; 6.05; 7.61) Envolvimento Colaboradores (5.94; 7.14; 8.39) Gestão do Processo (4.97; 6.28; 7.57) Qualidade (3.83; 5.39; 6.87) 5S e Gestão Visual (4.88; 6.18; 7.49) Fluxo de Produção (4.00; 5.67; 7.24) Sistema Puxado (2.36; 4.04; 5.73) Trabalho Padronizado (4.59; 6.08; 7.56) Redução de Setup (3.29; 5.30; 7.23) TPM (5.33; 6.71; 8.05)
Fornecedores (4.42; 6.06; 7.70)	Relacionamento Fornecedores (3.91; 5.71; 7.48) Desenvolvimento Fornecedores (4.92; 6.41; 7.93)

Anexo J – Índices Difusos Importância-Desempenho dos atributos *lean* (Célula Logística)

<i>Atributo Lean</i> (AT_{ijk})	<i>Classificação de desempenho difusa</i> (A_{ijk})	$(1,1,1)-W'_{ijk}$	<i>Índice Difuso Importância-Desempenho</i> ($IDID_{ijk}$)	<i>Pontuação de Classificação</i> ($U_T(IDID_{ijk})$)
AT ₁₁₁	(7 ; 8 ; 9)	(0,5; 0,35; 0,2)	(4,5; 2,8; 1,4)	3,151
AT ₁₁₂	(7 ; 8 ; 9)	(0,5; 0,35; 0,2)	(4,5; 2,8; 1,4)	3,151
AT ₁₁₃	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3; 0,2; 0,1)	(2,4; 1,3; 0,5)	1,703
AT ₁₁₄	(3 ; 5 ; 7)	(0,5; 0,35; 0,2)	(3,5; 1,75; 0,6)	2,274
AT ₁₁₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,15; 0,05; 0)	(1,2; 0,325; 0)	0,709
AT ₁₁₆	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,5; 0,35; 0,2)	(2,5; 1,225; 0,4)	1,674
AT ₁₁₇	(3 ; 5 ; 7)	(0,15; 0,05; 0)	(1,05; 0,25; 0)	0,608
AT ₁₁₈	(3 ; 5 ; 7)	(0,15; 0,05; 0)	(1,05; 0,25; 0)	0,608
AT ₁₁₉	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,7; 0,5; 0,3)	(3,5; 1,75; 0,6)	2,274
AT ₂₁₁	(3 ; 5 ; 7)	(0,15; 0,05; 0)	(1,05; 0,25; 0)	0,608
AT ₂₁₂	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3; 0,2; 0,1)	(2,4; 1,3; 0,5)	1,703
AT ₂₁₃	(3 ; 5 ; 7)	(0,3; 0,2; 0,1)	(2,1; 1; 0,3)	1,413
AT ₂₁₄	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,3; 0,2; 0,1)	(1,5; 0,7; 0,2)	1,028
AT ₂₁₅	(7 ; 8 ; 9)	(0,5; 0,35; 0,2)	(4,5; 2,8; 1,4)	3,151
AT ₂₁₆	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,5; 0,35; 0,2)	(2,5; 1,225; 0,4)	1,674
AT ₂₁₇	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,15; 0,05; 0)	(0,75; 0,175; 0)	0,441
AT ₂₁₈	(3 ; 5 ; 7)	(0,3; 0,2; 0,1)	(2,1; 1; 0,3)	1,413
AT ₂₁₉	(3 ; 5 ; 7)	(0,15; 0,05; 0)	(1,05; 0,25; 0)	0,608
AT ₂₂₁	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3; 0,2; 0,1)	(2,4; 1,3; 0,5)	1,703
AT ₂₂₂	(3 ; 5 ; 7)	(0,3; 0,2; 0,1)	(2,1; 1; 0,3)	1,413
AT ₂₂₃	(7 ; 8 ; 9)	(0,8; 0,65; 0,5)	(7,2; 5,2; 3,5)	5,222
AT ₂₂₄	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,5; 0,35; 0,2)	(2,5; 1,225; 0,4)	1,674
AT ₂₂₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5; 0,35; 0,2)	(4; 2,275; 1)	2,715
AT ₂₂₆	(3 ; 5 ; 7)	(0,7; 0,5; 0,3)	(4,9; 2,5; 0,9)	3,053
AT ₂₂₇	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,15; 0,05; 0)	(0,75; 0,175; 0)	0,441
AT ₂₂₈	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,15; 0,05; 0)	(1,2; 0,325; 0)	0,709
AT ₂₂₉	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7; 0,5; 0,3)	(5,6; 3,25; 1,5)	3,65
AT ₂₂₁₀	(3 ; 5 ; 7)	(0,9; 0,8; 0,7)	(6,3; 4; 2,1)	4,242
AT ₂₃₁	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,5; 0,35; 0,2)	(2,5; 1,225; 0,4)	1,674
AT ₂₃₂	(1 ; 2 ; 3)	(0,5; 0,35; 0,2)	(1,5; 0,7; 0,2)	1,028
AT ₂₃₃	(7 ; 8 ; 9)	(0,3; 0,2; 0,1)	(2,7; 1,6; 0,7)	1,95
AT ₂₃₄	(7 ; 8 ; 9)	(0,5; 0,35; 0,2)	(4,5; 2,8; 1,4)	3,151
AT ₂₃₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7; 0,5; 0,3)	(5,6; 3,25; 1,5)	3,65
AT ₂₃₆	(1 ; 2 ; 3)	(0,7; 0,5; 0,3)	(2,1; 1; 0,3)	1,413
AT ₂₃₇	(7 ; 8 ; 9)	(0,15; 0,05; 0)	(1,35; 0,4; 0)	0,809
AT ₂₃₈	(7 ; 8 ; 9)	(0,7; 0,5; 0,3)	(6,3; 4; 2,1)	4,242
AT ₂₃₉	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5; 0,35; 0,2)	(4; 2,275; 1)	2,715
AT ₂₃₁₀	(1 ; 2 ; 3)	(0,7; 0,5; 0,3)	(2,1; 1; 0,3)	1,413
AT ₂₄₁	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7; 0,5; 0,3)	(5,6; 3,25; 1,5)	3,65
AT ₂₄₂	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,3; 0,2; 0,1)	(1,5; 0,7; 0,2)	1,028
AT ₂₄₃	(1 ; 2 ; 3)	(0,15; 0,05; 0)	(0,45; 0,1; 0)	0,267
AT ₂₄₄	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5; 0,35; 0,2)	(4; 2,275; 1)	2,715
AT ₂₄₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7; 0,5; 0,3)	(5,6; 3,25; 1,5)	3,65
AT ₂₄₆	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,7; 0,5; 0,3)	(3,5; 1,75; 0,6)	2,274
AT ₂₄₇	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,7; 0,5; 0,3)	(3,5; 1,75; 0,6)	2,274

<i>Atributo Lean (ATijk)</i>	<i>Classificação de desempenho difusa (Aijk)</i>	<i>(1,1,1)-W'ijk</i>	<i>Índice Difuso Importância-Desempenho (IDIDijk)</i>	<i>Pontuação de Classificação (UT(IDIDijk))</i>
AT ₂₅₁	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₅₂	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₅₃	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₅₄	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₅₅	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₅₆	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4 ; 2,275 ; 1)	2,715
AT ₂₅₇	(1 ; 2 ; 3)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₅₈	(1 ; 2 ; 3)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(2,7 ; 1,6 ; 0,7)	1,95
AT ₂₅₉	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,8 ; 0,65 ; 0,5)	(6,4 ; 4,225 ; 2,5)	4,43
AT ₂₅₁₀	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,8 ; 0,65 ; 0,5)	(6,4 ; 4,225 ; 2,5)	4,43
AT ₂₅₁₁	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₂₆₁	(7 ; 8 ; 9)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₆₂	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₆₃	(7 ; 8 ; 9)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₆₄	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(2,5 ; 1,225 ; 0,4)	1,674
AT ₂₆₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₆₆	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₂₆₇	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₆₈	(1 ; 2 ; 3)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(0,9 ; 0,4 ; 0,1)	0,623
AT ₂₇₁	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4 ; 2,275 ; 1)	2,715
AT ₂₇₂	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₇₃	(3 ; 5 ; 7)	(0,8 ; 0,65 ; 0,5)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₈₁	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₈₂	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₈₃	(1 ; 2 ; 3)	(0,8 ; 0,65 ; 0,5)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₂₈₄	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₈₅	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₈₆	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4 ; 2,275 ; 1)	2,715
AT ₂₉₁	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₉₂	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₉₃	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₉₄	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(7,2 ; 5,2 ; 3,5)	5,222
AT ₂₁₀₁	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₂₁₀₂	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₂₁₀₃	(7 ; 8 ; 9)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₁₀₄	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4 ; 2,275 ; 1)	2,715
AT ₂₁₀₅	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₁₀₆	(7 ; 8 ; 9)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(8,1 ; 6,4 ; 4,9)	6,244
AT ₂₁₀₇	(1 ; 2 ; 3)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₁₀₈	(1 ; 2 ; 3)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₁₀₉	(1 ; 2 ; 3)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₁₀₁₀	(1 ; 2 ; 3)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₁₀₁₁	(1 ; 2 ; 3)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(0,9 ; 0,4 ; 0,1)	0,623
AT ₃₁₁	(7 ; 8 ; 9)	(0,8 ; 0,65 ; 0,5)	(7,2 ; 5,2 ; 3,5)	5,222
AT ₃₁₂	(7 ; 8 ; 9)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(8,1 ; 6,4 ; 4,9)	6,244
AT ₃₁₃	(5 ; 6,5 ; 8)	(1 ; 0,95 ; 0,85)	(8 ; 6,175 ; 4,25)	5,972
AT ₃₁₄	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₃₁₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₃₁₆	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₃₂₁	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₃₂₂	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(7,2 ; 5,2 ; 3,5)	5,222
AT ₃₂₃	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(1,5 ; 0,7 ; 0,2)	1,028
AT ₃₂₄	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₃₂₅	(3 ; 5 ; 7)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₃₂₆	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,650

Anexo K – Índices Difusos Importância-Desempenho dos atributos *lean* (Células Motores)

<i>Atributo Lean</i> (AT_{ijk})	<i>Classificação de desempenho difusa</i> (A_{ijk})	$(1,1,1)-W'_{ijk}$	<i>Índice Difuso Importância-Desempenho</i> ($IDID_{ijk}$)	<i>Pontuação de Classificação</i> ($U_T(IDID_{ijk})$)
AT ₁₁₁	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₁₁₂	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(2,5 ; 1,225 ; 0,4)	1,674
AT ₁₁₃	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₁₁₄	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(2,5 ; 1,225 ; 0,4)	1,674
AT ₁₁₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,15 ; 0,05 ; 0)	(1,2 ; 0,325 ; 0)	0,709
AT ₁₁₆	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(2,5 ; 1,225 ; 0,4)	1,674
AT ₁₁₇	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,15 ; 0,05 ; 0)	(1,2 ; 0,325 ; 0)	0,709
AT ₁₁₈	(1 ; 2 ; 3)	(0,15 ; 0,05 ; 0)	(0,45 ; 0,1 ; 0)	0,267
AT ₁₁₉	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₁₁	(3 ; 5 ; 7)	(0,15 ; 0,05 ; 0)	(1,05 ; 0,25 ; 0)	0,608
AT ₂₁₂	(7 ; 8 ; 9)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,7 ; 1,6 ; 0,7)	1,95
AT ₂₁₃	(7 ; 8 ; 9)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,7 ; 1,6 ; 0,7)	1,95
AT ₂₁₄	(7 ; 8 ; 9)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,7 ; 1,6 ; 0,7)	1,95
AT ₂₁₅	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₂₁₆	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₁₇	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,15 ; 0,05 ; 0)	(0,75 ; 0,175 ; 0)	0,441
AT ₂₁₈	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₁₉	(3 ; 5 ; 7)	(0,15 ; 0,05 ; 0)	(1,05 ; 0,25 ; 0)	0,608
AT ₂₂₁	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₂₂₂	(7 ; 8 ; 9)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,7 ; 1,6 ; 0,7)	1,95
AT ₂₂₃	(7 ; 8 ; 9)	(0,8 ; 0,65 ; 0,5)	(7,2 ; 5,2 ; 3,5)	5,222
AT ₂₂₄	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₂₂₅	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₂₂₆	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₂₇	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,15 ; 0,05 ; 0)	(1,2 ; 0,325 ; 0)	0,709
AT ₂₂₈	(7 ; 8 ; 9)	(0,15 ; 0,05 ; 0)	(1,35 ; 0,4 ; 0)	0,809
AT ₂₂₉	(3 ; 5 ; 7)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(4,9 ; 2,5 ; 0,9)	3,053
AT ₂₂₁₀	(3 ; 5 ; 7)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₃₁	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4 ; 2,275 ; 1)	2,715
AT ₂₃₂	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₂₃₃	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₂₃₄	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₂₃₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₃₆	(1 ; 2 ; 3)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₃₇	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,15 ; 0,05 ; 0)	(0,75 ; 0,175 ; 0)	0,441
AT ₂₃₈	(7 ; 8 ; 9)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₃₉	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₂₃₁₀	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₄₁	(7 ; 8 ; 9)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₄₂	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₂₄₃	(3 ; 5 ; 7)	(0,15 ; 0,05 ; 0)	(1,05 ; 0,25 ; 0)	0,608
AT ₂₄₄	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(2,5 ; 1,225 ; 0,4)	1,674
AT ₂₄₅	(7 ; 8 ; 9)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₄₆	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₄₇	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274

<i>Atributo Lean</i> (AT_{ijk})	<i>Classificação de</i> <i>desempenho</i> <i>difusa</i> (A_{ijk})	$(1,1,1)-W'_{ijk}$	<i>Índice Difuso</i> <i>Importância-</i> <i>Desempenho</i> ($IDID_{ijk}$)	<i>Pontuação de</i> <i>Classificação</i> ($U_T(IDID_{ijk})$)
AT ₂₅₁	(7 ; 8 ; 9)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,7 ; 1,6 ; 0,7)	1,95
AT ₂₅₂	(7 ; 8 ; 9)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,7 ; 1,6 ; 0,7)	1,95
AT ₂₅₃	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4 ; 2,275 ; 1)	2,715
AT ₂₅₄	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₅₅	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(1,5 ; 0,7 ; 0,2)	1,028
AT ₂₅₆	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4 ; 2,275 ; 1)	2,715
AT ₂₅₇	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₅₈	(1 ; 2 ; 3)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(2,7 ; 1,6 ; 0,7)	1,95
AT ₂₅₉	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,8 ; 0,65 ; 0,5)	(6,4 ; 4,225 ; 2,5)	4,43
AT ₂₅₁₀	(7 ; 8 ; 9)	(0,8 ; 0,65 ; 0,5)	(7,2 ; 5,2 ; 3,5)	5,222
AT ₂₅₁₁	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₂₆₁	(7 ; 8 ; 9)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₆₂	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₆₃	(7 ; 8 ; 9)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₆₄	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₆₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₆₆	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₂₆₇	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₆₈	(1 ; 2 ; 3)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(0,9 ; 0,4 ; 0,1)	0,623
AT ₂₇₁	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₇₂	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(1,5 ; 0,7 ; 0,2)	1,028
AT ₂₇₃	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,8 ; 0,65 ; 0,5)	(4 ; 2,275 ; 1)	2,715
AT ₂₈₁	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₂₈₂	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₈₃	(3 ; 5 ; 7)	(0,8 ; 0,65 ; 0,5)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₈₄	(7 ; 8 ; 9)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₈₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₂₈₆	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₂₉₁	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₉₂	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₉₃	(3 ; 5 ; 7)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(4,9 ; 2,5 ; 0,9)	3,053
AT ₂₉₄	(7 ; 8 ; 9)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(8,1 ; 6,4 ; 4,9)	6,244
AT ₂₁₀₁	(7 ; 8 ; 9)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,7 ; 1,6 ; 0,7)	1,95
AT ₂₁₀₂	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4 ; 2,275 ; 1)	2,715
AT ₂₁₀₃	(7 ; 8 ; 9)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₁₀₄	(7 ; 8 ; 9)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4,5 ; 2,8 ; 1,4)	3,151
AT ₂₁₀₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(4 ; 2,275 ; 1)	2,715
AT ₂₁₀₆	(7 ; 8 ; 9)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(8,1 ; 6,4 ; 4,9)	6,244
AT ₂₁₀₇	(7 ; 8 ; 9)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₂₁₀₈	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₁₀₉	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,65
AT ₂₁₀₁₀	(2 ; 3,5 ; 5)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₂₁₀₁₁	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₃₁₁	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,8 ; 0,65 ; 0,5)	(6,4 ; 4,225 ; 2,5)	4,43
AT ₃₁₂	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(7,2 ; 5,2 ; 3,5)	5,222
AT ₃₁₃	(3 ; 5 ; 7)	(1 ; 0,95 ; 0,85)	(7 ; 4,75 ; 2,55)	4,804
AT ₃₁₄	(3 ; 5 ; 7)	(0,5 ; 0,35 ; 0,2)	(3,5 ; 1,75 ; 0,6)	2,274
AT ₃₁₅	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₃₁₆	(3 ; 5 ; 7)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,1 ; 1 ; 0,3)	1,413
AT ₃₂₁	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₃₂₂	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(7,2 ; 5,2 ; 3,5)	5,222
AT ₃₂₃	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₃₂₄	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,3 ; 0,2 ; 0,1)	(2,4 ; 1,3 ; 0,5)	1,703
AT ₃₂₅	(3 ; 5 ; 7)	(0,9 ; 0,8 ; 0,7)	(6,3 ; 4 ; 2,1)	4,242
AT ₃₂₆	(5 ; 6,5 ; 8)	(0,7 ; 0,5 ; 0,3)	(5,6 ; 3,25 ; 1,5)	3,650

