

Um método adaptativo para a avaliação do grau de implementação da produção enxuta

An adaptive method for assessing the implementation degree of lean production

Flora Magna do Monte Vilar* – floramontevilar@gmail.com
Luciano Costa Santos** – luciano@ct.ufpb.br

*Instituto Federal de Pernambuco – (IFPE), PE

**Universidade Federal da Paraíba – (UFPB), João Pessoa, PB

Article History:

Submitted: 2019 - 02 - 20

Revised: 2019 - 03 - 01

Accepted: 2019 - 03 - 08

Resumo: A implementação da produção enxuta é um processo de melhoria contínua que requer a avaliação de seu progresso ao longo do tempo. Por outro lado, geralmente são necessárias adaptações à implementação e à avaliação da produção enxuta, uma vez que cada sistema de produção tem características contextuais particulares. Considerando a escassez de métodos adaptativos de avaliação na literatura, este artigo propõe um método que incorpora as variáveis contextuais de volume de produção, repetitividade do processo e estabilidade da demanda como parâmetros de adaptação à avaliação da produção enxuta. O método parte de um *checklist* de avaliação de 15 práticas enxutas e utiliza o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para relacionar as variáveis contextuais com as práticas enxutas. A aplicabilidade do método foi testada em uma fábrica do setor calçadista que tem passado por um processo de implementação da produção enxuta. Os resultados demonstraram que a fábrica avaliada ainda se encontra num estágio intermediário de implementação enxuta. No entanto, a avaliação adaptada indicou as áreas prioritárias de melhoria que eram realmente importantes para a empresa. Assim, foi possível concluir que o método proposto é aplicável e cumpre a sua finalidade de adaptação no processo de avaliação da produção enxuta.

Palavras-chave: produção enxuta; implementação; método adaptativo.

Abstract: The implementation of lean production is a continuous improvement process that requires the assessment of its progress over time. On the other hand, adaptations to the implementation and assessment of lean production are usually necessary, since each production system has particular contextual characteristics. Considering the scarcity of adaptive assessment methods in the literature, this article proposes a method that incorporates the contextual variables of production volume, process repetitiveness and demand stability as parameters of adaptation to the lean production assessment. The method starts from an evaluation checklist of 15 lean practices and uses the Analytic Hierarchy Process (AHP) to relate contextual variables to lean practices. The applicability of the method was tested in a footwear factory that has experienced a lean production implementation process. The results showed that the plant is still at an intermediate stage of lean implementation. However, the adapted assessment indicated the priority improvement areas that were truly important to the company. Thus, it was possible to conclude that the proposed method is applicable and fulfills its purpose of adaptation in the process of lean production assessment.

Keywords: lean production; implementation; adaptive method.

1. Introdução

A Produção Enxuta teve origem do Sistema Toyota de Produção (STP) e essa expressão tornou-se conhecida pelo livro “A máquina que mudou o mundo”, escrito por Womack, Jones e Roos (1990) (Samuel, Found e Williams, 2015). Caracterizada pelo foco na redução de desperdícios, a produção enxuta tem sido reconhecida mundialmente pelo excelente desempenho da Toyota Motor Company, o que motivou a sua ampla disseminação em empresas do mundo todo (Bhamu e Sangwan, 2014).

No entanto, o que chama a atenção e vem sendo alvo de diversas pesquisas é que várias empresas não conseguem replicar o mesmo desempenho que a Toyota obteve (Netland, 2016). Esta dificuldade pode estar associada à ausência de instrumentos de avaliação adequados e aplicáveis a diversas situações, à falta de planejamento das ações de implementação e à inadequação dos sistemas utilizados para avaliar os ganhos alcançados com a produção enxuta (Narayanamurthy e Gurumurthy, 2016; Camacho-Miñano, Moyano-Fuentes e Sacristán-Díaz, 2013).

Karlsson e Åhlström (1996), ao publicar seu trabalho pioneiro sobre avaliação da produção enxuta, ressaltaram que a implementação da produção enxuta visando solucionar determinado problema não é satisfatória, sendo que a mesma deve ser vista como uma direção a ser seguida e não como um estado a ser alcançado. Portanto, ainda segundo os mesmos autores, para ser capaz de estudar esse processo de mudança é preciso medir as melhorias alcançadas. Desse modo, além de implementar a produção enxuta, torna-se imprescindível a avaliação do seu progresso e os ganhos alcançados (Sangwa e Sangwan, 2018; Narayanamurthy e Gurumurthy, 2016).

Uma outra vertente de autores afirma que os problemas existentes na implementação da produção enxuta podem estar associados à falta de conformidade entre as práticas enxutas e o contexto organizacional das empresas (Netland, 2016; Marodin e Saurin, 2015). Nesse sentido, a universalidade da produção enxuta tem sido questionada, uma vez que dificilmente se encontrará um modelo de produção adequado para todas as empresas e em todas as circunstâncias (Cooney, 2002). Uma solução viável poderia ser adotar apenas as práticas que são apropriadas para as características de cada sistema de produção, adaptando assim a produção enxuta às necessidades das empresas e de cada ambiente específico (Netland, 2013). Portanto, tão importante quanto implementar e avaliar o progresso, é considerar os fatores contextuais que interferem na implementação da produção enxuta (Marodin *et al.*, 2016).

A tendência de adaptação ao contexto chama a atenção para a necessidade de um método de avaliação da produção enxuta que considere as diferenças existentes entre cada sistema produtivo (Vilar *et al.*, 2016; Wan e Chen, 2009). Observa-se que diversos estudos têm sido desenvolvidos com a finalidade de avaliar a implementação da produção enxuta nas empresas, com diferentes propósitos e lógicas de avaliação (Narayanamurthy e Gurumurthy, 2016). Porém, é interessante destacar que os métodos que vêm sendo desenvolvidos não consideram o alinhamento entre a produção enxuta e o sistema produtivo, negligenciando possíveis adaptações que forem necessárias.

A escassez de estudos na literatura revela a necessidade de desenvolvimento de métodos que verifiquem não somente o nível de implementação, como também considerem as características contextuais do sistema produtivo. Assim, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um método de avaliação da produção enxuta que adota a premissa de que nem todas as práticas enxutas são universalmente aplicáveis e que o processo de avaliação também deve levar em consideração as características de cada sistema produtivo. No caso desse trabalho, o volume de produção, a repetitividade do processo e a estabilidade da demanda foram adotados como parâmetros para estabelecer uma adequação do método de avaliação proposto ao sistema produtivo avaliado.

Este trabalho complementa a pesquisa de Saurin e Ferreira (2008), que propuseram um *checklist* completo para a avaliação de práticas enxutas. Embora o trabalho desses autores seja relevante e o *checklist* proposto seja muito usual para facilitar a aplicação prática nas empresas, a sua metodologia não considera as diferenças entre os sistemas de produção. A consequência disso é que a avaliação pode diferir significativamente, mesmo entre empresas que têm o mesmo grau de maturidade na implementação da produção enxuta. Para promover um ajuste do método de Saurin e Ferreira (2008), esta pesquisa inseriu a avaliação das variáveis contextuais (volume, repetitividade e estabilidade da demanda) e utilizou o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para relacionar essas variáveis com as práticas enxutas. O resultado foi um método de avaliação que pode ser adaptado para cada empresa em função das variáveis de seu sistema produtivo.

Após esta introdução, o texto segue com a revisão da literatura na Seção 2, que serviu para embasar o desenvolvimento do método proposto, selecionando as práticas enxutas que foram abordadas e as variáveis contextuais do sistema de produção. Os procedimentos metodológicos são descritos na Seção 3, detalhando o método de avaliação proposto e os procedimentos para testá-lo na pesquisa de campo. A pesquisa de campo foi conduzida em uma

fábrica do setor calçadista que tem passado por um processo de implementação da produção enxuta, adequando-se, portanto, aos propósitos deste trabalho. Na Seção 4 é descrita a aplicação do método na fábrica escolhida, demonstrando os resultados que foram obtidos e discutindo, simultaneamente, as contribuições do método proposto. Na Seção 5 são apresentadas as conclusões da pesquisa, as discussões adicionais sobre o método proposto e as sugestões para futuros trabalhos.

2. Produção enxuta: práticas, avaliação e contexto

Embora sejam reconhecidos os princípios de agregação de valor, redução de desperdícios e melhoria contínua, ainda não existe na literatura um consenso sobre o conceito de produção enxuta (Pettersen, 2009). Diante de inúmeras tentativas de definição, destaca-se a de Shah e Ward (2007, p. 791) como fundamento para esta pesquisa: “a produção enxuta é um sistema sócio-técnico integrado, cujo principal objetivo é eliminar os desperdícios por meio da redução ou da minimização simultânea da variabilidade de processos internos, de fornecedores e de clientes”. A definição de Shah e Ward (2007) ressalta a característica sistêmica da produção enxuta e é corroborada pela pesquisa dos mesmos autores, que a descreve como um conjunto de práticas inter-relacionadas. Essas práticas podem ser consideradas como subsistemas de um sistema mais abrangente.

Ao compreender a produção enxuta como um sistema composto de práticas, é necessário identificar quais práticas fazem parte desse sistema. Numa breve revisão de literatura em livros clássicos da produção enxuta e do Sistema Toyota de Produção, pode-se extrair o conjunto de práticas apresentado no Quadro 1.

Ao pesquisar revisões de literatura sobre avaliação da produção enxuta é possível reconhecer que as práticas enxutas são a base para a avaliação do progresso da implementação desse sistema. Essa constatação pode ser confirmada, por exemplo, nas revisões de Sangwa e Sangwan (2018), Narayanamurthy e Gurumurthy (2016), Vilar *et al.* (2016) e Walter e Tubino (2013). Assim, a avaliação do progresso da implementação da produção enxuta é feita por meio da avaliação de seus subsistemas (práticas), que representam os elementos tangíveis desse sistema. Isso pode levar à dedução de que um bom desempenho nas práticas sinaliza um grau avançado de implementação da produção enxuta.

Quadro 1 – Práticas de produção enxuta

Práticas	Definição
<i>Just in time</i>	Prática que visa fornecer os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário e no local correto, objetivando assim, eliminar estoques e desperdícios para obter um fluxo contínuo de produção (Shingo, 1996; Ohno, 1997).
<i>Kanban</i>	Mecanismo utilizado para operacionalizar a produção puxada que sinaliza o momento e a quantidade que deve ser produzida por meio da alteração no nível dos estoques intermediários (Ohno, 1997; Monden, 2015).
Nivelamento da produção (<i>heijunka</i>)	Busca manter uniforme o volume e o <i>mix</i> de produtos ao longo de um determinado tempo de fabricação disponível, com o objetivo de manter os estoques baixos e reduzir a variabilidade dos programas de produção (Monden, 2015).
Células de manufatura	Organização de <i>layout</i> que agrupa equipamentos para a produção de uma família de peças com requisitos de processamento similares (Monden, 2015).
Equipes multifuncionais	Grupos de trabalhadores que são capazes de realizar diferentes tarefas, com responsabilidades descentralizadas (Monden, 2015).
Automação (<i>jidoka</i>)	Autonomia dada ao operador ou à máquina de sempre parar o processo produtivo quando alguma anormalidade no processamento for detectada (Monden, 2015).
Operações padronizadas	Padronização das operações que combina materiais, operários e máquinas e é formalizada em documentos com informações sobre tempo de ciclo, sequência do trabalho e estoque padrão (Shingo, 1996; Ohno 1997; Liker, 2005).
Gerenciamento visual	Identificar e eliminar <i>déficits</i> de informação por meio de soluções visuais que envolvam todos os locais de trabalho, tornando-os organizados e autoexplicativos (Liker, 2005; Monden, 2015).
Controle da Qualidade Zero Defeito (CQZD)	Método racional e científico que busca eliminar os defeitos por meio da identificação e controle das causas (Monden, 2015).
<i>Kaizen</i>	Conjunto de pequenas melhorias que envolve a todos, desde gerentes até os trabalhadores da produção, e são introduzidas como resultado de um esforço contínuo para alcançar resultados que contribuam para os objetivos organizacionais (Liker, 2005).
Manutenção Produtiva Total (TPM)	Busca reduzir as paradas de máquinas por quebra com base na participação dos operadores via manutenção autônoma, manutenção preventiva e atividades de pequenos grupos (Liker, 2005).
Troca Rápida de Ferramentas (TRF)	Metodologia para simplificação e melhoria das atividades para a redução do tempo de preparação de máquina (Shingo, 1996).
Integração da cadeia de fornecedores	Compartilhamento de informações e coordenação conjunta para o fornecimento <i>just-in-time</i> de materiais (Liker, 2005).
Desenvolvimento enxuto de produtos	Aplicação de princípios enxutos no processo de desenvolvimento de produtos, buscando integrar projeto e processo, eliminar desperdícios na fase de desenvolvimento e reduzir o <i>time-to-market</i> (Liker, 2005).
Mapeamento do fluxo de valor (MFV)	Técnica de mapeamento que auxilia na compreensão dos fluxos de materiais e de informações em um processo para identificar o fluxo de valor e reduzir desperdícios (Rother e Shook, 2003).

Fonte: Elaborado pelos autores

No entanto, após um estudo na indústria calçadista, Santos *et al.* (2017) constataram que algumas empresas podem apresentar um bom desempenho em determinadas práticas sem ter implementado formalmente o sistema de produção enxuta. Esse bom desempenho pode ter sido

consequência de necessidades pontuais da empresa, que a levaram a aperfeiçoar determinadas práticas mesmo sem a intenção de implementar a produção enxuta. Por outro lado, a pesquisa de Santos *et al.* (2017) também mostra que mesmo empresas que tiveram deliberadamente a intenção de implementar a produção enxuta podem apresentar um baixo grau de implementação de práticas tradicionais. Isso é justificável em processos de implementação iniciados recentemente, mas também pode ser ocasionado pela não adequação da prática ao tipo de sistema de produção. Em outras palavras, a avaliação pode sinalizar um baixo grau de maturidade da produção enxuta justamente pela avaliação negativa de práticas que são importantes ou adequadas para a empresa. Por essa perspectiva, o contexto passa ser uma variável essencial para o processo de avaliação da produção enxuta.

De uma forma geral, a literatura mostra que implementação bem-sucedida da produção enxuta depende de algumas características contextuais. De acordo com Gaither e Frazier (2008), a maior parte das implementações de sucesso ocorreu em ambientes nos quais a produção repetitiva predominava, apresentando lotes de produção padronizados, alto volume e produção em alta velocidade. Com isso, os autores afirmam que o sucesso da implementação fica comprometido quando as empresas não possuem repetitividade e alto volume de produção em seus processos. As afirmações de Gaither e Frazier (2008) são corroboradas com os resultados empíricos de White e Prybutok (2001), que confirmam que a maioria das práticas de produção enxuta tende a se beneficiar em sistemas repetitivos.

De forma complementar, Wan e Chen (2009) levam em consideração a estabilidade da demanda como fator crítico de implementação da produção enxuta. Os autores afirmam que se torna difícil aplicar a produção enxuta em ambientes nos quais há uma demanda instável, com frequentes variações no volume de pedidos ou quando não é possível alcançar uma carga de trabalho estável. Outra dificuldade encontrada na implementação da produção enxuta diz respeito àquelas organizações que possuem alta variedade e baixo volume em seus processos produtivos. Em um estudo realizado por Jina, Bhattacharya e Walton (1997), os autores concluíram que a aplicação da produção enxuta se torna difícil em empresas que produzem em alta variedade e baixo volume devido aos impactos que as turbulências resultantes de um ambiente mutável causam nos processos.

Dessa maneira, as pesquisas citadas mostram que um ambiente favorável à produção enxuta é aquele no qual a produção repetitiva e o alto volume prevalecem, apresentando lotes de produção padronizados e produção em alta velocidade. Pela mesma lógica, empresas que possuem uma demanda estável e com baixa variedade também se mostram mais aderentes à

implementação da produção enxuta. Contudo, é importante destacar que os pressupostos citados não inviabilizam a implementação da produção enxuta, já que de acordo com Cooney (2002) não existe um modelo de produção adequado para todas as empresas e em todos os contextos. No entanto, é necessária uma análise mais aprofundada para identificar quais práticas e quais níveis de implementação são adequados para cada tipo de processo produtivo (Wan e Chen, 2009). Isso reforça ainda mais a necessidade de um método que seja capaz de avaliar o grau de implementação da produção enxuta que leve em consideração as características inerentes do processo produtivo em questão.

Ao analisar os métodos de avaliação da produção enxuta propostos na literatura, percebe-se que as publicações apontam de uma forma geral para a utilização de ferramentas matemáticas como a lógica *fuzzy* e a análise envoltória de dados (DEA) (Narayanamurthy e Gurusurthy, 2016). Os métodos de avaliação geralmente apresentam escalas numéricas que permitem classificar o grau de implementação de cada empresa. Porém, na revisão de literatura conduzida por Vilar *et al.* (2016), foi possível constatar que nenhum método atual de avaliação atendia plenamente ao critério de adequação ao contexto determinado pelas características de cada sistema de produção. Essa lacuna foi o fator que motivou a presente pesquisa, buscando um método adaptativo de avaliação.

3. Procedimentos metodológicos

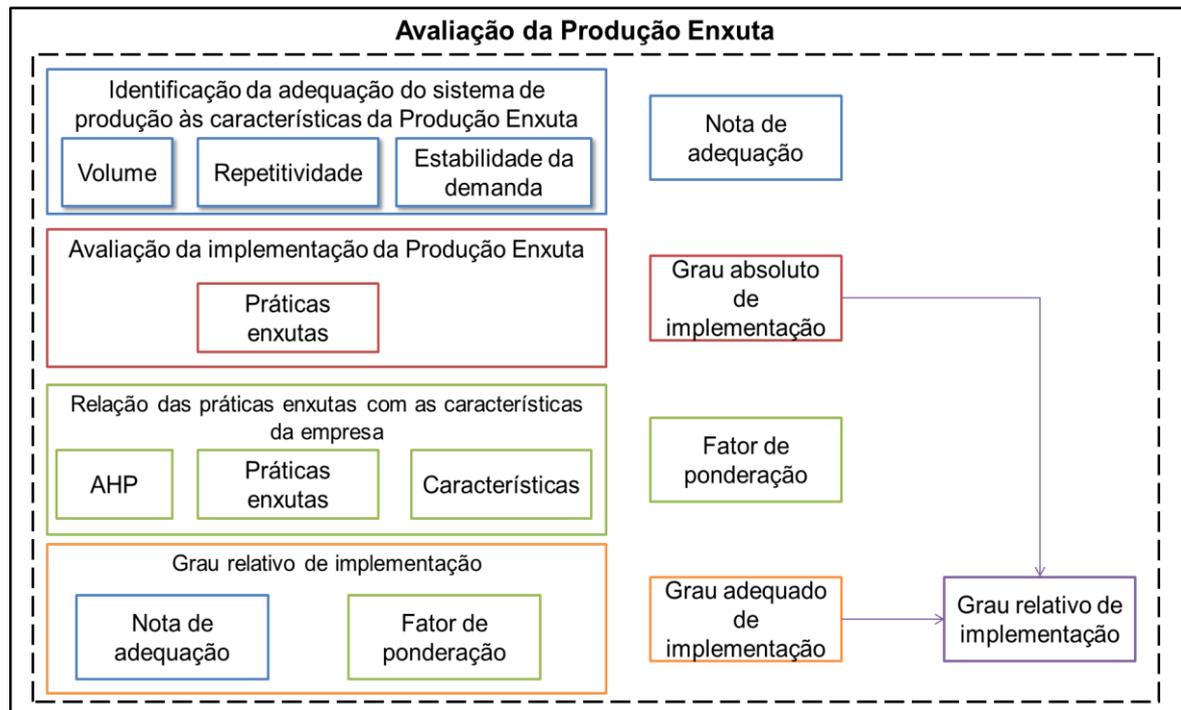
3.1 Método de avaliação proposto

A proposta deste artigo é desenvolver um método para avaliar o progresso da implementação da produção enxuta, considerando a aderência de suas práticas às características de diferentes sistemas produtivos. De acordo com a Figura 1, pode-se delinear o método em quatro etapas: (1) identificação da adequação do sistema de produção às características da produção enxuta; (2) avaliação do grau absoluto de implementação da produção enxuta; (3) relação das práticas enxutas com as características do sistema de produção; (4) estabelecimento do grau relativo de implementação.

A **primeira etapa** – identificação da adequação do sistema de produção às características da produção enxuta – considerou três características fundamentais para o sucesso na implementação da produção enxuta: o volume de produção, a repetitividade do processo e a estabilidade da demanda (extraídas da revisão de literatura). Com bases nestas características foi elaborado um questionário buscando identificar em qual grau de adequação à produção

enxuta a empresa se encontra. Cada característica (volume, repetitividade e estabilidade) era composta de quatro ou cinco perguntas que detalhavam aspectos do sistema de produção (ex.: tecnologia, organização do trabalho, programação, etc.) que iriam formar a intensidade da característica. Assim, era possível chegar à nota de adequação de uma forma mais confiável do que simplesmente pesquisar cada característica de modo unidimensional.

Figura 1 – *Framework* do método proposto



Fonte: Elaborada pelos autores

Na escala adotada há cinco possibilidades de respostas: coluna 1 (C1); coluna 2 (C2); coluna 3 (C3), não existe (NE) e não se aplica (NA). Na “coluna 1” (C1) estão localizadas aquelas respostas que demonstram uma maior aderência do sistema produtivo à produção enxuta, ou seja, evidenciam a presença de volume de produção alto, repetitividade alta do processo e alta estabilidade da demanda. Já na “coluna 2” (C2), estão as respostas que convergem para um sistema produtivo com média aderência à produção enxuta. Na “coluna 3” (C3) estão as respostas que comprovam uma baixa aderência à produção enxuta, com sistemas produtivos que possuem um baixo volume de produção, uma baixa repetitividade do processo e uma demanda pouco estável. A coluna “não existe” (NE) está reservada para aquelas situações que, por algum motivo, a questão analisada não existe na empresa, mas se adequam ao sistema produtivo. Já a coluna “não se aplica” (NA) são aquelas situações que não são viáveis para as características do sistema.

Para cada possibilidade de resposta em cada questão, são atribuídos os seguintes pesos: NE = 0; C1 = 3; C2 = 2; C3 = 1. Isso resulta na Equação 1 a seguir.

$$\text{Nota de adequação} = \frac{(3 \times C1) + (2 \times C2) + (C3)}{3A} \times 10 \quad [1]$$

Onde: (A) é igual ao número de itens aplicáveis, (C1) é igual ao número de itens marcados na coluna 1, (C2) é igual ao número de itens marcados na coluna 2, e (C3) é igual ao número de itens marcados na coluna 3.

A Equação 1 é aplicada para cada característica, o que resulta em três notas que classificam a empresa perante o seu grau de adequação com relação ao volume de produção, à repetitividade do processo e à estabilidade da demanda.

A **segunda etapa** do método – avaliação do grau de implementação da produção enxuta – foi uma adaptação da lista de verificação proposta por Saurin e Ferreira (2008). As práticas avaliadas nesta pesquisa são aquelas apresentadas no Quadro 1, resultando num questionário composto de 66 questões distribuídas em 15 práticas.

Os respondentes são questionados a respeito do grau de aplicação de cada prática enxuta na empresa, possuindo cinco possibilidades de respostas:

- MFO: aplicação muito forte (a prática está consolidada e é amplamente utilizada).
- FO: aplicação forte (a prática é utilizada em vários setores e processos).
- FR: aplicação fraca (a prática é pouco utilizada).
- MFR: aplicação muito fraca (a prática existe, mas ainda está em fase experimental).
- NE: não existe na empresa, mas se adéqua ao sistema produtivo.
- NA: não se aplica, em virtude das características do sistema produtivo.

São atribuídos pesos a cada resposta: NE = 0,0; MFR = 2,5; FR = 5,0; FO = 7,5; MFO = 10,0. Esses valores compõem a Equação 2, que calcula a nota de cada prática enxuta:

$$\text{Gab} = \frac{(B \times 2,5) + (C \times 5,0) + (D \times 7,5) + (E \times 10,0)}{A} \quad [2]$$

Em que: (Gab) corresponde ao grau absoluto de implementação da empresa, (A) corresponde ao número de itens aplicáveis, (B) é o número de itens com aplicação muito fraca, (C) corresponde ao número de itens com aplicação fraca, (D) é o número de itens com aplicação forte, e (E) igual ao número de itens com aplicação muito forte.

A **terceira etapa** – relação das práticas enxutas com as características da empresa – consiste na análise da relação das práticas de produção enxuta adotadas com as características do sistema de produção levantadas nas etapas anteriores. O objetivo é determinar o grau de prioridade entre as práticas enxutas de acordo com o julgamento dos avaliadores. O resultado dessa etapa é um fator de ponderação que permite ajustar a importância da prática de acordo com as características do sistema de produção.

Para isso foi utilizado o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), que é uma ferramenta de decisão multicritério criada por Saaty (1990) que tem sido utilizada em muitas das pesquisas relacionadas ao processo de tomada de decisões (Vaidya e Kumar, 2006). O AHP determina prioridades a partir de avaliações comparativas par a par, nas quais são atribuídos pesos relativos pelos usuários, o que permite o reconhecimento de qual dos critérios é mais importante entre duas variáveis. Para tais julgamentos paritários, Saaty (1990) definiu uma escala de julgamentos, que foi adaptada neste trabalho, conforme mostra o Tabela 1.

Tabela 1 – Escala de julgamentos para a aplicação do AHP

Escala verbal	Escala numérica
Absolutamente melhor	9
Criticamente melhor	8
Muito fortemente melhor	7
Fortemente melhor	6
Definitivamente melhor	5
Moderadamente melhor	4
Fracamente melhor	3
Pobremente melhor	2
Igual	1

Fonte: Adaptada de Saaty (1990)

Com base na escala apresentada na Tabela 1, foi feita a comparação entre os elementos da hierarquia para o estabelecimento de prioridades por meio de matrizes de comparação, conforme estabelece o AHP.

Com isso, foram geradas quinze matrizes, uma para cada prática enxuta, composta por três critérios: volume de produção, repetitividade do processo e estabilidade da demanda. As matrizes obedeceram a seguinte estrutura de pergunta: “Para sua empresa, qual a característica que influencia mais na prática X?”. Os valores das matrizes são resultados das comparações par a par, sendo que a matriz assume a forma apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Formato das matrizes de comparação

Matriz de comparação dos critérios			
	Critério 1	Critério 2	Critério 3
Critério 1	1	a_{12}	a_{13}
Critério 2	$1/a_{12}$	1	a_{23}
Critério 3	$1/a_{13}$	$1/a_{23}$	1

Fonte: Adaptada de Saaty (1990)

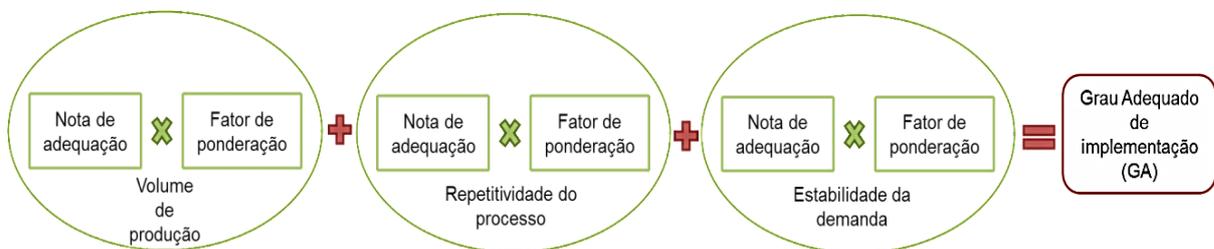
Em cada célula é registrado o julgamento paritário de cada uma das alternativas em relação às outras, sendo todos os elementos da diagonal principal iguais a “1” e as células preenchidas com “ $1/a_{ij}$ ” indicam a reciprocidade entre os elementos. Posteriormente, é calculado o vetor resultante de prioridades a fim de obter a prioridade relativa de cada critério que é medido em uma escala (Saaty, 1990). Para isso, é necessário normalizar os valores da matriz de comparação ilustrada na Tabela 2, a fim de igualar todos os critérios a uma mesma unidade e isso é feito por meio da divisão de cada valor da matriz pelo total da sua respectiva coluna. Em seguida, é obtido o vetor de prioridades que indicará a ordem de importância de cada critério, para isto é calculada a média aritmética dos valores de cada linha da matriz normalizada obtida anteriormente. Com isso, obtém-se a prioridade relativa de cada critério.

De acordo com Saaty (1990), o passo seguinte é composto pelo estabelecimento de prioridades compostas para as alternativas. Isto é feito a partir da construção de uma matriz de comparação paritária para cada critério que irá originar a obtenção de prioridades para as alternativas e finalmente a escolha da alternativa. No caso desta pesquisa, não se faz necessária a escolha de uma alternativa, pois o AHP foi utilizado somente para obter os fatores de ponderação.

O AHP também prevê, para cada matriz, o cálculo da Razão de Consistência (RC), que é a razão entre o Índice de Consistência dos julgamentos (IC) e o Índice de Consistência Randômico (IR). Como o método é baseado em julgamentos, a RC, o IC e o IR são valores para verificar a confiabilidade da avaliação. Maiores detalhes sobre essas medidas e sobre o AHP de uma forma geral podem ser encontrados em Saaty (1990).

A **quarta etapa** do método – grau relativo de implementação para o sistema produtivo – é realizada a partir dos dados das etapas anteriores, utilizando a nota de adequação do sistema à produção enxuta e o fator de ponderação da relação das práticas enxutas com o sistema. Para isso, é multiplicada a nota de adequação de cada prática pelo fator de ponderação de cada característica do sistema de produção. Ao final os três produtos encontrados são somados dando origem ao grau adequado de implementação, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 – Determinação do grau adequado de implementação



Fonte: Elaborada pelos autores

O grau adequado de implementação (GA) é considerado como o valor máximo que a prática enxuta necessita possuir, sendo realizada posteriormente a conversão entre o GA e o Grau Absoluto (Gab) obtido na Etapa 2. Dessa forma, o GA será considerado como 10 (dez), a fim de realizar uma proporção que ao final irá gerar uma nota que corresponderá ao grau relativo de implementação (Gre) de cada prática enxuta para a empresa. A nota do grau relativo de implementação será calculada utilizando a Equação 3 a seguir.

$$Gre = \frac{Gab \times 10}{GA} \quad [3]$$

Em que: (Gre) corresponde ao grau relativo de implementação da empresa, (Gab) corresponde ao grau absoluto de implementação, e (GA) corresponde ao grau de implementação adequado.

Assim, o grau relativo de implementação de cada prática enxuta (Gre) demonstra o quão distante ou próxima a nota da prática se encontra da nota máxima calculada para o seu sistema produtivo. Trata-se de uma nota relativa que leva em consideração a nota que empresa deve alcançar (grau adequado de implementação) e a nota que a empresa possui sem adaptação (grau absoluto de implementação). Portanto, a situação desejável é quando o GA (Grau adequado) se iguala ao Gab (Grau Absoluto), o que resulta em um Gre igual a 10.

Com os resultados calculados, torna-se possível gerar um *feedback* para a empresa demonstrando quais práticas devem ser priorizadas levando em consideração as características inerentes ao seu processo produtivo.

3.2 Pesquisa de campo

A pesquisa de campo para testar a aplicabilidade do método proposto foi conduzida em uma planta de manufatura de sandálias de borracha localizada na região Nordeste do Brasil. A fábrica possui 1.300 funcionários e produz 30.000 de sandálias por dia. A empresa lança duas coleções por ano e atualmente possui oito famílias de produtos, segmentadas em quatro modelos, cada um com quinze combinações de cores e onze numerações. A principal característica de seus produtos é o *design* inovador e a durabilidade, posicionando-se no mercado por meio da diferenciação de seus produtos. No processo produtivo suas atividades estão segmentadas em seis setores: corte, *silk*, pesponto, injetora, kit e montagem.

A fábrica iniciou o projeto de implementação da produção enxuta no ano de 2011, motivada pela fábrica matriz, situada no Rio de Janeiro, que já havia passado por esse processo. Foi contratada uma empresa de consultoria para auxiliar na implementação da produção enxuta na filial nordestina e o processo se iniciou pela elaboração dos mapas de fluxo de valor. A consultoria acompanhou o projeto durante aproximadamente seis meses, deixando a responsabilidade da continuidade da implementação para o pessoal interno da fábrica.

Como mostra o Quadro 2, a coleta de dados ocorreu em quatro visitas à fábrica, sendo que a primeira foi destinada à apresentação do processo produtivo e à obtenção de informações gerais, de forma a aumentar a familiaridade com o sistema antes da aplicação do método. As três visitas subsequentes foram destinadas à aplicação de entrevistas com a finalidade de avaliação do sistema de produção enxuta. Para isso, foram escolhidas pessoas que faziam parte da equipe de implementação da produção enxuta na empresa e que tinham o conhecimento necessário para avaliar cada item específico.

A análise dos dados coletados acontecia após as visitas: após a Etapa 1 para calcular a nota de adequação, após a Etapa 2 para o cálculo do grau absoluto de implementação e após a Etapa 3 para o cálculo dos fatores de ponderação por meio do AHP. A Etapa 4, destinada à determinação do grau relativo de implementação, não incluiu coleta de dados, mas somente análise, uma vez que ela se alimentava das saídas das etapas anteriores. A seção a seguir apresenta os resultados obtidos após a pesquisa de campo.

Quadro 2 – Condução da coleta de dados

Dia	Duração da visita	Atividades	Participantes da empresa
1º	2 horas	Apresentação do processo produtivo	Analista de engenharia.
2º	2 horas e 30 minutos	Aplicação da Etapa 1 e Etapa 2	Coordenadora de engenharia e especialista em processo.
3º	2 horas e 30 minutos	Aplicação da Etapa 1, Etapa 2 e Etapa 3	Coordenadora de planejamento e controle da produção.
4º	1 hora	Aplicação da Etapa 3 (continuação)	Coordenadora de engenharia e especialista em processo.

Fonte: Elaborado pelos autores

4. Aplicação do método

A **primeira etapa** de aplicação do método buscou identificar a adequação do sistema produtivo às características da produção enxuta. Considerando a escala de 0 a 10, as notas de adequação resultantes foram as seguintes: volume de produção = 3,54, repetitividade do processo = 7,56; e, estabilidade da demanda = 3,06.

As notas obtidas no quesito volume de produção são justificadas pelo fato de o sistema produtivo da empresa não possuir um alto grau de automatização, fazendo uso do trabalho manual em várias fases do processo de transformação. A predominância pelo arranjo físico por processo é outro fator que demonstra o baixo volume, já que este tipo de arranjo físico geralmente é utilizado em processos com a produção por lotes, que flexibiliza a produção, mas dificulta o grande volume de um mesmo produto.

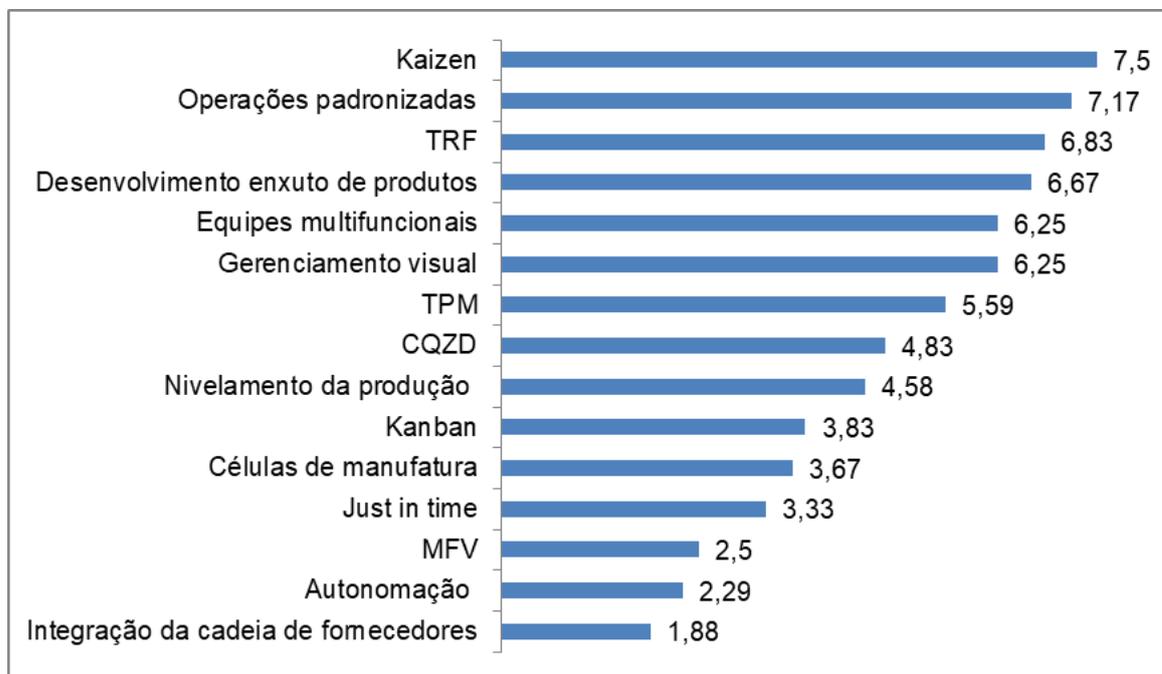
Por outro lado, foi observada a presença de diversos fatores que contribuem para que haja um bom grau de repetitividade no processo, como por exemplo, a maioria dos itens do *mix* de produção é constante e a produção diária permanece inalterada por um período relativamente longo. Na empresa são utilizadas rotinas similares para a produção, já que na maioria das vezes é produzido um tipo de produto por vez de forma repetida. Com isso, pode-se afirmar que o sistema produtivo da empresa apresentou uma boa nota de adequação no que diz respeito à repetitividade do processo.

A produção é sazonal e com picos de demanda frequentes, o que resulta numa baixa nota de adequação para a variável de estabilidade da demanda. Outro fator que demonstra a instabilidade da demanda é que a programação da produção e o fluxo de cada item são sempre feitos com base nos pedidos em carteira e não na demanda dos meses anteriores.

É importante ressaltar que, para o método proposto, as notas de adequação baixas não representam uma impossibilidade de implementação da produção enxuta, mas apenas dificuldades de aderência ao sistema, o que sinaliza a necessidade de adaptação da avaliação.

Para a aplicação da **segunda etapa** (avaliação do grau absoluto de implementação), utilizou-se a lógica do *checklist* de Saurin e Ferreira (2008), conforme destacado anteriormente. Considerando as 15 práticas selecionadas para este estudo, os resultados da avaliação após a segunda etapa podem ser ilustrados pela Figura 3.

Figura 3 – Grau absoluto de implementação



Fonte: Elaborada pelos autores

Apesar de se constatar um nível ainda mediano de implementação quando se observa o sistema de uma forma geral, foi observado um movimento de evolução da produção enxuta na empresa. Um dos motivos para isso é que a ênfase no *kaizen* é muito forte na empresa, sendo que os eventos *kaizen* ocorrem frequentemente. Assim, mesmo que os responsáveis pela produção enxuta na fábrica tenham consciência de que há um caminho longo a percorrer, a cultura de melhoria contínua ajuda a empresa a se manter nesse caminho.

Na **terceira etapa** de aplicação do método desejava-se conhecer quais características da empresa influenciavam mais no funcionamento de cada prática enxuta. Para isso, a relação entre práticas e características foi analisada por meio do AHP, gerando como resultado os fatores de ponderação que permitiram ajustar a avaliação à realidade da empresa.

Foram construídas matrizes AHP para cada uma das práticas, que apresentaram razões de consistência adequadas. O resultado foi a obtenção dos fatores de ponderação com base na lógica de priorização do AHP, conforme se apresentam na Tabela 3.

Na **quarta etapa** do método buscou-se obter o grau de implementação relativo para cada prática enxuta. Para isso, foram utilizadas as informações obtidas nas etapas anteriores para se gerar o grau adequado e em seguida o grau relativo, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Grau relativo de implementação

Práticas	Volume de produção		Repetitividade do processo		Estabilidade da demanda		Grau Adequado	Grau Absoluto	Grau Relativo
	Nota de adequação	Fator de ponderação	Nota de adequação	Fator de ponderação	Nota de adequação	Fator de ponderação	(GA)	(Gab)	(Gre)
<i>Just in time</i>	3,54	0,0985	7,56	0,1608	3,06	0,7407	3,83	3,33	8,71
<i>Kanban</i>	3,54	0,3570	7,56	0,1736	3,06	0,4694	4,01	3,83	9,56
Nivelamento da produção	3,54	0,1095	7,56	0,3623	3,06	0,5281	4,74	4,58	9,67
Células de manufatura	3,54	0,1389	7,56	0,3676	3,06	0,4934	4,78	3,67	7,67
Equipes multifuncionais	3,54	0,1039	7,56	0,6519	3,06	0,2443	6,04	6,25	10,35
Automação	3,54	0,4520	7,56	0,1888	3,06	0,3592	4,13	2,29	5,55
Operações padronizadas	3,54	0,0925	7,56	0,5688	3,06	0,3388	5,66	7,17	12,66
Gerenciamento visual	3,54	0,4480	7,56	0,3309	3,06	0,2210	4,76	6,25	13,12
CQZD	3,54	0,1074	7,56	0,7018	3,06	0,1909	6,27	4,83	7,71
<i>Kaizen</i>	3,54	0,3944	7,56	0,4331	3,06	0,1725	5,20	7,50	14,43
TPM	3,54	0,1444	7,56	0,2034	3,06	0,6522	4,04	5,59	13,84
TRF	3,54	0,3034	7,56	0,5624	3,06	0,1342	5,74	6,83	11,91
Integração da cadeia de fornecedores	3,54	0,2084	7,56	0,1577	3,06	0,6339	3,87	1,88	4,85
Desenvolvimento enxuto de produtos	3,54	0,0689	7,56	0,5379	3,06	0,3933	5,51	6,67	12,10
MFV	3,54	0,0818	7,56	0,5311	3,06	0,3867	5,49	2,50	4,56

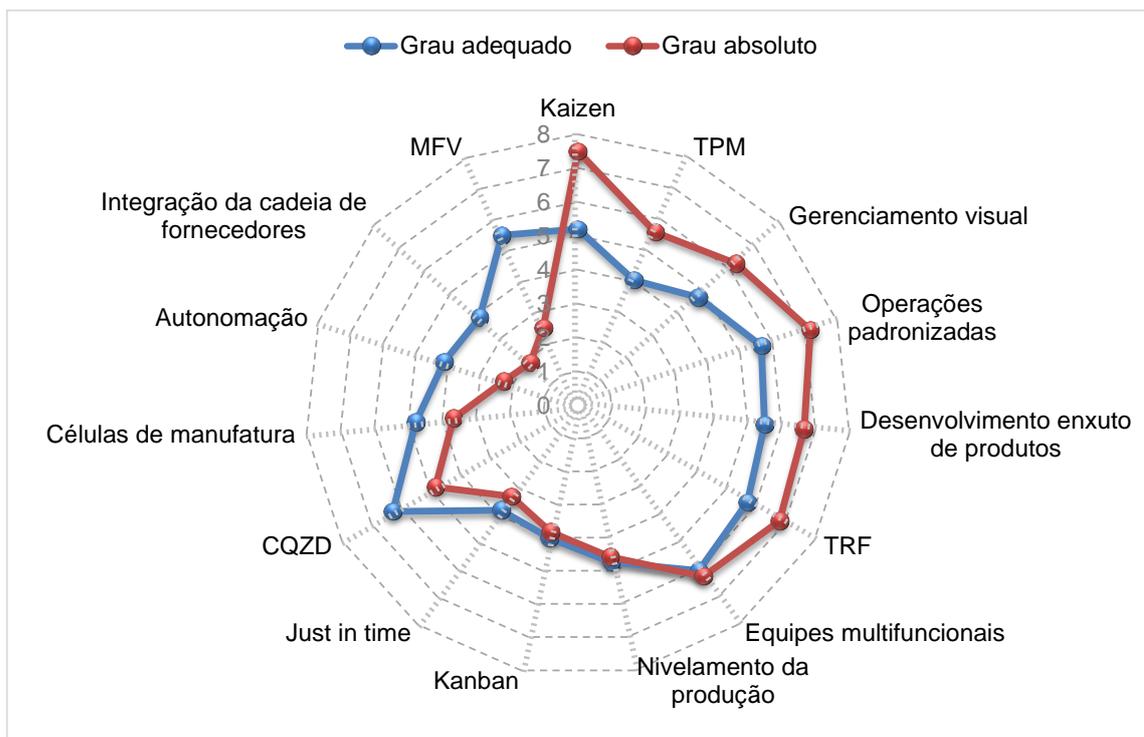
Fonte: Elaborada pelos autores

De acordo com a Tabela 3, pode-se concluir que as notas referentes ao grau de implementação adequado das práticas enxutas na empresa foram relativamente baixas e isso se deu devido às dificuldades de aderência da produção enxuta ao sistema de produção da empresa, conforme explicitado anteriormente. Diante da Tabela 3, pode-se concluir que as práticas que apresentaram as maiores notas do grau adequado foram as práticas que obtiveram a repetitividade do processo como característica mais importante para o seu funcionamento,

característica essa que alcançou a maior nota de adequação à produção enxuta. Em contrapartida, o restante das práticas enxutas, que obtiveram o volume de produção ou a estabilidade da demanda como característica principal para o seu funcionamento, apresentaram notas inferiores no que diz respeito ao grau adequado de implementação na empresa.

O gráfico representado na Figura 4 apresenta em azul o grau adequado de implementação e em vermelho o grau absoluto de implementação. A partir do mesmo é possível visualizar a discrepância existente em algumas práticas entre o grau de implementação que a empresa deveria possuir de acordo com seu sistema de produção (grau adequado) e o que ela possui atualmente de acordo uma avaliação genérica (grau absoluto).

Figura 4 – Graus adequado e absoluto de implementação



Fonte: Elaborada pelos autores

A discrepância observada no gráfico apresentado na Figura 4 faz com que algumas práticas da empresa não atinjam uma paridade ideal entre os dois fatores analisados, demonstrando o quão distante algumas práticas se encontram do grau de implementação julgado ideal para o seu sistema produtivo. Por outro lado, essa paridade não significa uma nota 10 no grau absoluto. Em outras palavras, uma avaliação absoluta ruim pode não corresponder necessariamente a um mau sinal para empresa, pois ela pode ter apresentado um desempenho

ruim em alguma prática que não é aderente a seu sistema de produção e que, de qualquer forma, uma não teria prioridade de melhoria.

A relação entre os graus adequado e absoluto gera o grau relativo de implementação, que representa uma forma de ajustar a nota para que a avaliação seja adaptada ao sistema de produção. Nesse caso, uma nota 10 significa que os graus adequado e absoluto são iguais e que a empresa, em teoria, atingiu o desempenho necessário. Assim, o grau adequado, a princípio, poderia ser tomado como uma meta para a empresa.

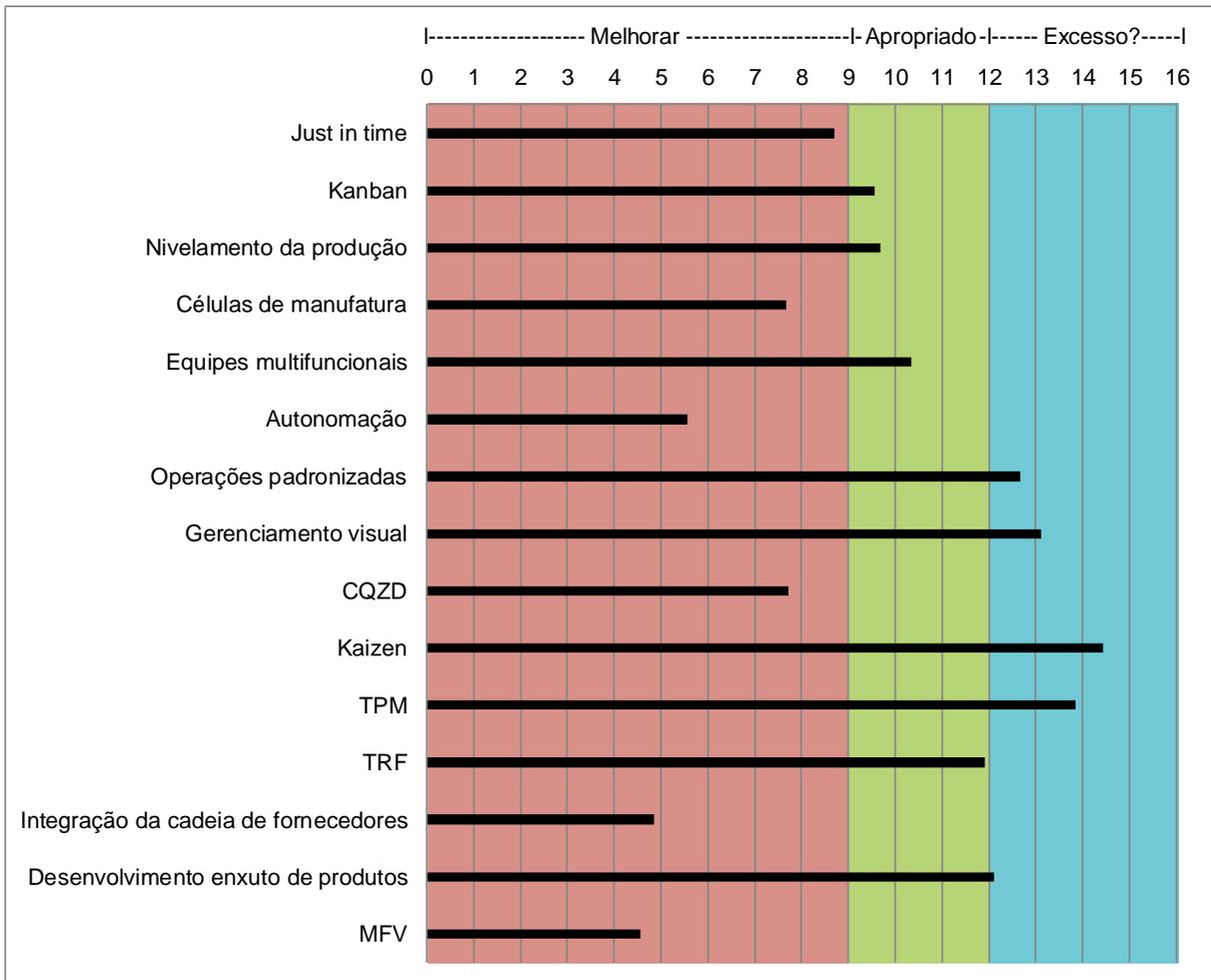
No entanto, as limitações no estabelecimento das notas de adequação podem gerar metas muito fáceis de serem atingidas quando se adota o grau adequado como meta. Considerando isso, cada empresa pode estabelecer metas mais ambiciosas para os graus relativos obtidos, estimulando o processo de melhoria contínua da implementação. Tendo isso em mente, foram estabelecidos para a empresa estudada três faixas de desempenho como parâmetros de classificação do desempenho e determinação das prioridades de melhoria (Figura 5):

- “Melhorar”: para aquelas práticas que obtiveram notas do grau relativo abaixo de 9;
- “Apropriado”: para aquelas práticas que alcançaram notas do grau relativo entre 9 e 12;
- “Excesso?”: para as práticas cujas notas do grau relativo foram superiores a 12.

A nomenclatura dos parâmetros de classificação das prioridades de melhoria (“melhorar”, “apropriado” e “excesso?”) foi baseada na lógica da matriz importância-desempenho de Slack (1994). Nesse caso, o ponto de interrogação na área de excesso significa que não se pode afirmar de forma definitiva que existe um desperdício de recursos para elevar o desempenho de uma prática acima daquilo que é necessário para a empresa. Sinaliza somente que é necessário investigar se, para obter desempenhos muito superiores àquilo que é considerado apropriado, a empresa utiliza recursos que poderiam ser direcionados para práticas que precisam de melhorias mais urgentes.

É importante ressaltar que os parâmetros de classificação são passíveis de alteração por parte de cada empresa, a depender de suas metas e exigências. A definição das faixas de desempenho são uma decisão da empresa e não foram objeto do método proposto. O método de avaliação apresentado aqui somente sinaliza que as prioridades de melhoria devem ser definidas a partir das adaptações na avaliação que o método propõe. A partir disso, cada empresa tem a liberdade de estabelecer suas metas.

Figura 5 – Prioridades de melhoria a partir do grau relativo de implementação



Fonte: Elaborada pelos autores

O teste do método por meio de sua aplicação na empresa permitiu constatar que o mesmo é viável e pode ser utilizado na prática, pois a condução de todo o processo foi condizente com a realidade da implementação da produção enxuta. A utilidade do método foi comprovada pela relevância dos resultados que gerou e principalmente pela avaliação orientada para a melhoria. O fato de o método ser adaptativo proporcionou duas visões do progresso da implementação da produção enxuta: uma absoluta, como se todas as práticas fossem importantes para a empresa; e outra ajustada à realidade do sistema de produção.

É importante ressaltar que o método é também adaptativo do ponto de vista das variáveis que incorpora. As 15 práticas enxutas que foram adotadas neste estudo são passíveis de alteração, a depender das práticas que são utilizadas pela empresa avaliada. Assim, o *framework* do método permanece como uma contribuição de caráter genérico, permitindo que a seleção de variáveis seja adaptada para cada caso.

Outra característica importante do método proposto é a sua facilidade de uso. O *checklist* de avaliação é autoexplicativo e permite que a empresa colete os dados sem ajuda externa. A ressalva é para a análise dos dados pelo método AHP, que não é tão simples para utilização rotineira na empresa, mas que pode ser facilitado se as planilhas de análise já estiverem previamente elaboradas.

5. Considerações finais

Este artigo apresentou um método para a avaliação do grau de implementação da produção enxuta que leva em consideração as características inerentes ao sistema produtivo de cada empresa. No caso desse trabalho, foram adotados como variáveis contextuais o volume de produção, a repetitividade do processo e a estabilidade da demanda. O estabelecimento das relações entre as variáveis contextuais e as práticas enxutas foi operacionalizado pelo AHP, de forma que o método proposto evolui a proposta original de Saurin e Ferreira (2008) para a avaliação do grau de implementação da produção enxuta.

Uma contribuição do método proposto é que ele é capaz de identificar as características do sistema de produção analisado, identificando quais práticas enxutas são necessárias e em qual grau de implementação, permitindo que a organização adapte o conceito da produção enxuta às suas necessidades e priorize as práticas mais apropriadas para si.

Comparando o método proposto com os métodos encontrados atualmente na literatura, observa-se uma evolução ao incorporar características contextuais e gerar um sistema de avaliação adaptativo. Conforme Vilar *et al.* (2016), a literatura apresenta indícios da escassez de métodos com este propósito. Um dos poucos trabalhos na literatura que segue esta linha é o de Wan e Chen (2009), que também se propõe a apresentar um método adaptativo, mas que ainda é limitado em termos de abrangência das variáveis que aborda.

Entretanto, mesmo que traga uma contribuição científica, o método proposto neste artigo ainda apresenta limitações quando se considera uma abordagem completa de avaliação da produção enxuta. Uma das limitações se refere ao próprio conjunto de variáveis contextuais escolhido: volume, repetitividade e estabilidade. Embora essas variáveis já tenham sido comprovadas em pesquisas empíricas como facilitadoras da produção enxuta, o modo de ação dessas variáveis ainda não é completamente conhecido. A presente pesquisa assumiu a premissa que a intensidade dessas variáveis é diretamente proporcional à adequação do sistema à produção enxuta. Porém, quando essas variáveis são levadas ao extremo, têm-se como sistemas de produção resultantes as indústrias de processos contínuos. Alguns pesquisadores poderiam

questionar que as indústrias de processos contínuos possuem uma nota de adequação tão alta a ponto de não terem benefícios significativos com a adoção da produção enxuta (afinal, já possuem fluxo contínuo). Obviamente, o método proposto foi concebido para empresas que implementaram ou têm a intenção de implementar a produção enxuta, ou seja, que já identificaram benefícios claros com sua adoção. Contudo, a questão das variáveis adotadas e de sua influência no processo ainda não foi completamente resolvida e continua relevante para pesquisas futuras.

A definição de variáveis contextuais somente relacionadas ao sistema de produção já é restrita por concepção. Variáveis externas às características do sistema de produção, como tamanho da planta, cultura organizacional e tempo de implementação, são exemplos de fatores contingenciais relevantes e que devem ser considerados em pesquisas que abordam o contexto da produção enxuta. Até o momento, não existem estudos que sinalizam se essas variáveis externas devem fazer parte ou não do método de avaliação. Portanto, essa também pode ser uma área fértil para pesquisas futuras.

Além disso, o método de avaliação em si também pode ser objeto de aperfeiçoamentos. A avaliação isolada de práticas pode gerar interpretações equivocadas quando se analisa o sistema como um todo. Do mesmo modo, a avaliação de práticas sem uma conexão com os princípios norteadores da produção enxuta pode não fornecer um *feedback* adequado. Embora este trabalho caminhe em direção à uma avaliação sistêmica da produção enxuta, o sistema em si é complexo o bastante para demandar uma continuidade da pesquisa.

REFERÊNCIAS

- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876-940.
- Camacho-Miñano, M., Moyano-Fuentes, J., & Sacristán-Díaz, M. (2013). What can we learn from the evolution of research on lean management assessment? *International Journal of Production Research*, 51(4), 1098-1116.
- Cooney, R. (2002). Is “lean” a universal production system? Batch production in the automotive industry. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(10), 1130-1147.
- Gaither, N., & Frazier, G. (2008). *Administração da produção e operações*. São Paulo: Cengage Learning.
- Jina, J., Bhattacharya, A. K., & Walton, A. D. (1997). Applying lean principles for high product variety and low volumes: some issues and propositions. *Logistics Information Management*, 1(10), 5-13.
- Karlsson, C., & Åhlström, P. (1996). Assessing changes towards lean production. *International Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 24-41.
- Liker, J. K. (2005). *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman.
- Marodin, G. A., Frank, A. G., Tortorella, G. L., & Saurin, T. A. (2016). Contextual factors and lean production implementation in the Brazilian automotive supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, 21(4), 417-432.

-
- Marodin, G. A., & Saurin, T. A. (2015). Managing barriers to lean production implementation: context matters. *International Journal of Production Research*, 53(13), 3947-3962.
- Monden, Y. (2015). *Sistema Toyota de produção: uma abordagem integrada ao just-in-time*. 4.ed. Porto Alegre: Bookman.
- Narayanamurthy, G., & Gurumurthy, A. (2016). Leanness assessment: a literature review. *International Journal of Operations & Production Management*, 36(10), 1115-1160.
- Netland, T. (2013). Exploring the phenomenon of company-specific production systems: one-best-way or own-best-way? *International Journal of Production Research*, 51(4), 1084-1097.
- Netland, T. H. (2016). Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies. *International Journal of Production Research*, 54(8), 2433-2448.
- Ohno, T. (1997). *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman.
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM Journal*, 21(2), 127-142.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício*. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9-26.
- Samuel, D., Found, P., & Williams, S. J. (2015). How did the publication of the book *The Machine That Changed the World* change management thinking? Exploring 25 years of lean literature. *International Journal of Operations & Production Management*, 35(10), 1386-1407.
- Sangwa, N. R., & Sangwan, K. S. (2018). Leanness assessment of organizational performance: a systematic literature review. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(5), 768-788.
- Santos, L. C., Gohr, C. F., Gonçalves, J. M. S., Vilar, F. M. M., & Arnaud, L. M. (2017). Identificação e avaliação de práticas de produção enxuta em empresas calçadistas do estado da Paraíba. *Revista Produção Online*, 17(1), 176-199.
- Saurin, T. A., & Ferreira, C. F. (2008). Avaliação qualitativa da implantação de práticas da produção enxuta: estudo de caso em uma fábrica de máquinas agrícolas. *Gestão & Produção*, 15(3), 449-462.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785-805.
- Shingo, S. (1996). *Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção*. Porto Alegre: Bookman.
- Slack, N. (1994). The importance-performance matrix as a determinant of improvement priority. *International Journal of Operations & Production Management*, 14(5), 59-75.
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: an overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1-29.
- Vilar, F. M. M., Santos, L. C., Gohr, C. F., & Silva, M. M. (2016). Métodos para avaliação da produção enxuta: revisão e análise crítica. *Revista Gestão Industrial*, 12(1), 1-23.
- Walter, O. M. F. C., & Tubino, D. F. (2013). Métodos de avaliação da implantação da manufatura enxuta: uma revisão da literatura e classificação. *Gestão & Produção*, 20(1), 23-45.
- Wan, H. D., & Chen, F. F. (2009). Decision support for lean practitioners: a web-based adaptive assessment approach. *Computers in Industry*, 60(4), 277-283.
- White, R. E., & Prybutok, V. (2001). The relationship between JIT practices and type of production system. *Omega*, 29(2), 113-124.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: Rawson Associates.