

## SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DE FORNECEDORES DO SETOR DE FUNDIÇÃO

Fernando Baldassin<sup>a</sup>, Luiz Felipe Campana<sup>a</sup>, Júlia de Andrade Bertazzi<sup>a</sup>.

<sup>a</sup> Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP, Santa Bárbara d'Oeste - SP

### RESUMO

A conscientização dos seres humanos com o meio ambiente tem se tornado um fator cada dia mais presente na rotina das indústrias dos mais variados segmentos e o setor de fundição é um dos que vêm buscando se adaptar à essa realidade. Além da responsabilidade sobre as ações das próprias organizações, atualmente é de fundamental importância na seleção de fornecedores, que critérios ambientais e verdes sejam considerados para que esteja em conformidade com as regulamentações e normas ambientais. Neste contexto torna-se indispensável um bom gerenciamento da cadeia de suprimentos verde (Green Supply Chain Management - GSCM). Considerando esta tendência, um questionário foi desenvolvido com base nos critérios de seleção de fornecedores e requisitos da GSCM e enviado a 8 especialistas de diferentes empresas fornecedores do setor de fundição. Em seguida, uma análise de agrupamentos foi realizada, para classificar e avaliar os fornecedores em grupos, com base em suas similaridades e diferenças. Esta classificação auxiliou a empresa a identificar os fornecedores com maiores tendências a práticas verdes.

### PALAVRAS-CHAVE:

cadeia de suprimentos verde,  
seleção de fornecedores,  
análise de agrupamento.

### INTRODUÇÃO

Tendo em vista a escassez de recursos e a poluição ambiental que está aumentando atualmente, encarar a exigência de conservação de recursos e respeito ao meio ambiente para negociar os benefícios econômicos e o meio ambiente, o desenvolvimento sustentável torna-se uma questão importante na gestão moderna de operações de produção empresarial. (QIN et al., 2016)

O gerenciamento da cadeia de suprimentos verde (Green Supply Chain Management - GSCM) é uma das iniciativas que tem se destacado e contribuído de forma relevante para o desenvolvimento sustentável, já que tem o objetivo de promover a conciliação entre meio-ambiente e a cadeia de suprimentos. (RIBEIRO e SANTOS, 2012).

Assim sendo, a seleção de fornecedores recebeu um destaque na literatura através da competitividade das grandes empresas e principalmente a fim de melhorar a qualidade dos serviços e produtos fornecidos aos consumidores finais. (GENOVESE et al., 2013). Diversos setores da indústria consideram a produção verde um fator importante, dentre elas o setor de fundição vem ao longo do tempo aumentando o debate sobre o tema. Segundo Balaji et al. (2014) as indústrias do setor de fundição desempenham um papel importante na economia de um país e, portanto, devem começar a adotar o GSCM como a estratégia concorrente para construir sua imagem ambiental, embora na maioria dos países ainda esteja na infância.

Neste sentido Balaji et al. (2014) avalia que as indústrias de fundição de todo o mundo mostraram uma crescente preocupação com o meio ambiente nas últimas décadas devido às pressões de regulamentações ambientais, clientes e concorrência no mercado.

A conscientização sobre o impacto causado pela indústria no meio ambiente, a percepção das pessoas em proteger o meio ambiente

e também em busca de atender as leis de proteção ambiental, impostas pelos governos, causaram uma grande mudança no ambiente operacional das empresas. Para se adequar, a gestão da cadeia de suprimentos verde e novas estratégias estão surgindo visando a otimização da seleção de fornecedores, de forma a manter as organizações sustentáveis do ponto de vista de clientes, concorrentes e órgãos reguladores. Selecionar fornecedores adequados, que tenham práticas de acordo com a GSCM, é uma das atividades mais críticas no sucesso do sistema de compra de fornecedores verdes (Wan e Li, 2015).

Portanto, esta pesquisa propõe a seleção e avaliação dos fornecedores do setor de fundição em relação a sua performance de produção considerando práticas verdes alinhadas ao GSCM. Com base nesta avaliação eles serão classificados em grupos de acordo com a similaridade de suas práticas, de modo que a empresa tenha maior clareza e compreensão em relação a seus fornecedores. Sendo assim, o estudo é uma ferramenta de apoio na seleção de fornecedores.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Revisão da literatura**

A revisão de literatura deste artigo aborda os principais conceitos da cadeia de suprimentos verde e seleção de fornecedores, além de métodos de análise multivariada de dados.

### **Cadeia de suprimentos verde e seleção de fornecedores**

A operação da cadeia de fornecimento com considerações sustentáveis tornou-se uma questão cada vez mais importante nos últimos anos (TSAI e HUNG, 2013).

Em um sentido amplo, a cadeia de suprimentos verde refere-se ao gerenciamento entre fornecedores, seus produtos e o meio ambiente. Em outras palavras, os princípios de proteção ambiental são incorporados aos sistemas de gestão dos fornecedores. Sua finalidade é tornar os produtos mais ecológicos e aumentar a competitividade. (CHE, 2014).

Segundo Chen et al. (2016) devido ao desafio de aumentar a conscientização pública sobre questões ambientais e regulamentações governamentais, o GSCM tornou-se uma questão importante para as empresas obterem sustentabilidade ambiental. A seleção de fornecedores é uma das principais tarefas operacionais necessárias para construir uma cadeia de suprimentos verde.

O autor Mavi (2015) afirma que no atual ambiente altamente competitivo, a seleção de fornecedores apropriados é uma decisão significativamente importante para o gerenciamento efetivo e eficiente da cadeia de suprimentos.

Para selecionar os fornecedores mais adequados, muitos critérios econômicos e ambientais devem ser considerados no processo de decisão. Embora numerosos estudos tenham utilizado critérios econômicos como custo, qualidade e prazo de entrega no processo de seleção de fornecedores, apenas alguns estudos levaram em conta as questões ambientais. (CHEN et al., 2016).

Conforme Freeman e Chen (2015) o GSCM, em particular, permite que a integração de fornecedores ambientalmente amigáveis na cadeia de fornecimento, seja sistematizada para se adequar às regulamentações e políticas ambientais específicas. De forma mais persuasiva, o GSCM permite que as empresas melhorem seus lucros enquanto reduzem os impactos no meio ambiente global.

Segundo Genovese et al. (2013), o foco dos estudos e pesquisas nos dias de hoje concentra-se principalmente nos problemas ambientais e pouco na questão social. Em seu artigo, foi elaborado um questionário reunindo 100 empresas no Reino Unido e realizado entrevistas com gerentes de 2 grandes multinacionais com o objetivo de investigar o procedimento de seleção de fornecedores. Destacou que tanto nas entrevistas quanto nos questionários, entre os critérios ambientais, a gestão de resíduos é o mais popular pelo fato das restrições das leis governamentais com os descartes.

### **Análise multivariada de dados**

Há uma necessidade contínua de modelos de avaliação robustos que incorporem efetivamente vários critérios de fornecedores. Com sua necessidade de compensar vários critérios que exibem imprecisão, a seleção de fornecedores é um problema de decisão multicritério altamente importante (MAVI, 2015).

Sivaprakasamet al. (2015), define 11 critérios envolvidos na implementação do GSCM: qualidade de processo, gerenciamento de qualidade total e taxa de produto certificado); 2. Custos, de investimento na gestão ambiental de seus processos ou pode ser uma

fonte de custos ambientais devido a seus processos destrutivos; 3. Capacidade tecnológica, disponibilidade de mão de obra técnica, tecnologia de reprocessamento de última geração, instalações de P&D, capacidade de executar a função de logística reversa, etc.; 4. Serviço, desempenho do fornecedor na prestação de serviço ao fabricante é o principal critério para decidir sua adequação a um determinado produto; 5. Controle de poluição, o controle de emissões e efluentes no ar, na água ou no solo; 6. Sistema de gerenciamento ambiental, conjunto de aspectos gerais da função gerencial para uma organização, incluindo o planejamento necessário para desenvolver e manter a política e os objetivos ambientais da organização; 7. Competências verdes, fatores que mostram as competências do fornecedor em melhorar a produção verde incluindo a verificação da capacidade de um fornecedor de reduzir os efeitos da poluição, implementar tecnologias limpas e usar materiais ecologicamente corretos; 8. Imagem verde, mudanças de participação de mercado como resultado da adoção de produtos ecologicamente corretos e do relacionamento com as partes interessadas; 9. Gerenciamento de aquisições, definição das estratégias globais de compras planejadas; 10. Gerenciamento de processos, atividades de planejamento e monitoramento do desempenho de um processo; e 11. Fator de risco, desempenho e histórico dos fornecedores, à situação política do país do fornecedor, às regras e regulamentações do governo e ao gerenciamento eficaz de questões comerciais e ambientais.

Apesar da produção verde ser considerada um fator importante atualmente, as práticas características deste conceito ainda são rudimentares (Balaji et al. (2014), sendo assim a seleção de fornecedores verdes no setor devem considerar não apenas as características da GSCM, como também critérios básicos de seleção de fornecedores considerando sua performance não apenas no âmbito ambiental.

Os critérios para a seleção de fornecedores abrangendo diversos fatores, incluindo custos (de produção, logística e desconto por quantidade), qualidade (certificações de qualidade e detecção de materiais não conformes), entrega (cumprimento de prazos), capacidades tecnológicas (desenvolvimento de novos produtos) e competências ambientais (emissão de gases poluentes, desperdício de recursos naturais, descarte incorreto de materiais perigosos, conformidade e obtenção de certificados e regulamentos, e desenvolvimento de produtos considerando fatores como reutilização reciclagem...) (KANNAN, D. et al. 2013).

### **Metodologia de pesquisa**

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizada uma pesquisa aplicada que, segundo Gerhardt e Silveira (2009), tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. O método de pesquisa foi definido em quatro etapas: (i) busca dos artigos sobre cadeia de suprimentos verde, seleção de fornecedores verdes e métodos para análise multivariada de dados; (ii) análise dos critérios para seleção de fornecedores apresentados na literatura e definição dos critérios para este artigo no quesito de performance e comprometimento com a GSCM; (iii) submissão de um questionário (ver apêndice) com perguntas envolvendo critérios de seleção de fornecedores à especialistas da área no setor de fundição ; (iv) aplicação do método de análise de multivariadas para seleção dos fornecedores no setor de fundição.

A metodologia científica (etapa i) utilizada neste trabalho foi um estudo de caso, considerando avaliação e classificação de fornecedores dentro da análise de agrupamento. Desta forma, as palavras-chave “Cadeia de Suprimentos Verde; Seleção de Fornecedores Verde” foram pesquisadas na base de dados Scopus. Como o interesse deste artigo é analisar o cenário da cadeia de suprimentos diante da filosofia da análise de agrupamento, é interessante verificar o crescimento do volume de publicação de todos os artigos disponíveis nesta base de dados. Em um primeiro momento, foi utilizada a palavra-chave “análise de agrupamento” juntamente com as outras mencionadas, porém, os resultados retornados não estavam de acordo com o tema proposto.

Desta forma, uma janela de 10 anos foi utilizada e foi verificado um total de 73 artigos. A parametrização desta busca utilizou como restrição somente artigos de revista publicados na categoria “Articles” e com as palavras-chave: green supply chain and green supplier selection. Estas palavras-chave foram buscadas dentro do título, resumo e palavras-chave dos artigos (*title, abstract and keywords*). Como restrição também, foi excluído da pesquisa revistas com foco em publicação de artigos de congresso (“Procedia”) e artigos que não estavam no idioma inglês. Desta forma, temos o termo de busca final:

(TITLE-ABS-KEY ("green supply chain") AND TITLE-ABS-KEY ("green supplier selection") ) AND DOCTYPE (ar) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") ).

Para o desenvolvimento do item (ii), foi aplicado o critério de exclusão na pesquisa realizada, sendo considerado o número de citações. Apenas os 10 artigos mais citados para a identificação dos critérios de seleção de fornecedores foram utilizados na definição dos critérios.

Os critérios definidos foram utilizados no desenvolvimento do questionário (etapa iii). O questionário foi composto por 20 afirmativas dentro dos tópicos custo, qualidade, entrega, capacidade tecnológica e competências ambientais. Os especialistas selecionaram a opção que melhor se enquadrava em sua empresa de acordo com o nível de concordância (5 níveis) com a informação, na escala Likert.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados e discussões aplicados do método de análise de multivariadas para seleção dos fornecedores no setor de fundição representa a etapa (iv).

Foi utilizado para as perguntas a escala Likert de cinco itens (AMARO; PÓVOA; MACEDO, 2005), que é capaz de evidenciar o nível de aplicação de práticas de avaliação de fornecedores de 1 (“discordo”) a 5 (“concordo”).

Tabela 1 - Passos de Almagão

|                       |     | ESPECIALISTAS |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------|-----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|
|                       |     | E1            | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 |
| CUSTOS                | C1  | 5             | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 5  |
|                       | C2  | 5             | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 5  |
|                       | C3  | 5             | 3  | 5  | 3  | 5  | 3  | 4  | 5  |
|                       | C4  | 4             | 3  | 5  | 4  | 5  | 3  | 4  | 5  |
| QUALIDADE             | Q1  | 3             | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |
|                       | Q2  | 4             | 5  | 5  | 5  | 4  | 5  | 5  | 2  |
|                       | Q3  | 2             | 5  | 5  | 4  | 5  | 2  | 3  | 4  |
|                       | Q4  | 4             | 5  | 5  | 5  | 5  | 3  | 4  | 4  |
| ENTREGA               | ET1 | 4             | 4  | 4  | 4  | 5  | 4  | 4  | 4  |
|                       | ET2 | 2             | 5  | 5  | 4  | 5  | 5  | 5  | 4  |
|                       | ET3 | 2             | 5  | 5  | 4  | 5  | 5  | 4  | 2  |
|                       | ET4 | 1             | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  | 1  |
| CAPACIDADE TÉCNICA    | CT1 | 5             | 4  | 5  | 5  | 5  | 3  | 4  | 2  |
|                       | CT2 | 3             | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  |
|                       | CT3 | 5             | 4  | 5  | 5  | 5  | 2  | 4  | 4  |
|                       | CT4 | 2             | 4  | 5  | 5  | 5  | 2  | 4  | 4  |
| COMPETENCIA AMBIENTAL | CA1 | 5             | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  |
|                       | CA2 | 4             | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  |
|                       | CA3 | 3             | 4  | 1  | 5  | 5  | 4  | 5  | 3  |
|                       | CA4 | 1             | 3  | 5  | 3  | 5  | 4  | 5  | 2  |

Com base nos resultados obtidos, utilizou-se o software Minitab para uma análise de agrupamento. A tabela 2 abaixo apresenta os agrupamentos obtidos em cada etapa, bem como a distância entre os agrupamentos e a similaridade entre eles. Neste caso, a similaridade diminui em mais de 6 (de 75,1548 a 68,5730) nas etapas 1 e 2. Outro cenário ocorre nas etapas 3 e 4 (55,5556 a 52,8595) e nas etapas 5 e 6 (39,1419 a 35,2116). A distância entre os agrupamentos agrupados aumenta em menos de 0,6 nas etapas 1 e 2 e nas etapas 3 e 4. Nas etapas 5 e 6 a distância diminui para menos de 0,4.

Tabela 2 - Passos de Almagação

| Análise de Agrupamentos de Observações: C1; C2; C3; ... A2; CA3; CA4 |                     |                       |                    |                    |               |                                 |
|--|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------------------------|
| Distância Euclidiana, Ligação Completa                               |                     |                       |                    |                    |               |                                 |
| Passo  | Número de agrupados | Nível de similaridade | Nível de distância | Agrupados reunidos | Novo agrupado | Número de obs. no novo agrupado |
| 1  | 7                   | 75,1548               | 2,23607            | 5                  | 8 5           | 2                               |
| 2  | 6                   | 68,5730               | 2,82843            | 2                  | 4 2           | 2                               |
| 3  | 5                   | 55,5556               | 4,00000            | 5                  | 6 5           | 3                               |
| 4  | 4                   | 52,8595               | 4,24264            | 2                  | 5 2           | 5                               |
| 5  | 3                   | 39,1419               | 5,47723            | 2                  | 3 2           | 6                               |
| 6  | 2                   | 35,2116               | 5,83095            | 1                  | 7 1           | 2                               |
| 7  | 1                   | 0,0000                | 9,00000            | 1                  | 2 1           | 8                               |

Os resultados de distância e similaridade indicam que 4 clusters são razoavelmente suficientes para a partição final. O dendrograma (Figura 1) exibe a tabela na forma de um diagrama de árvore.

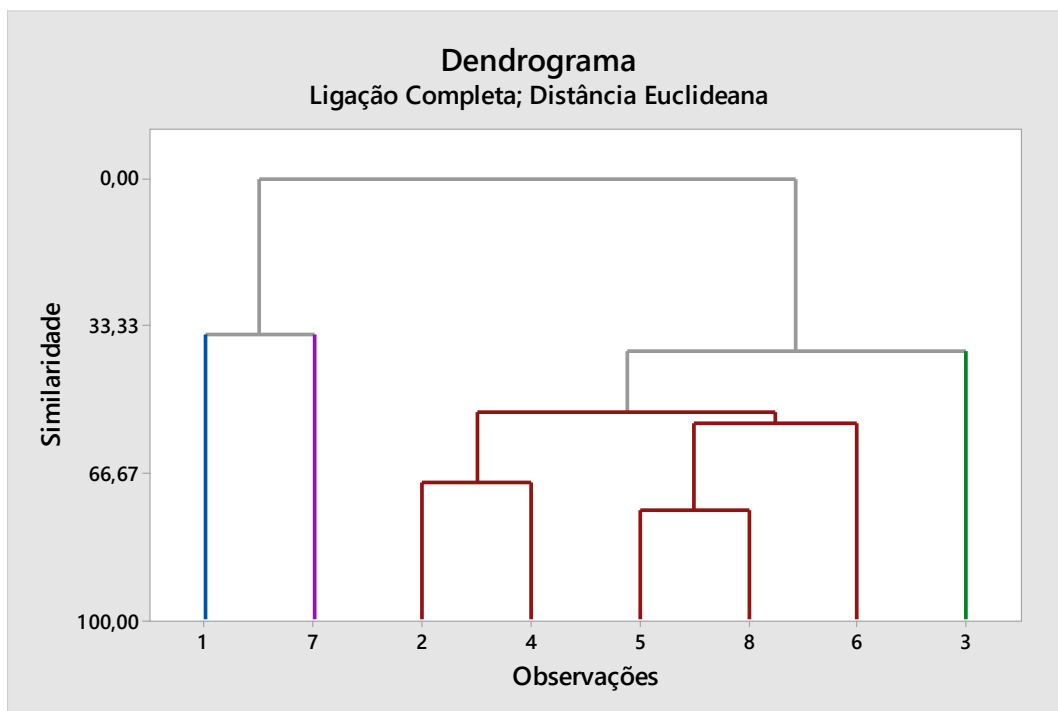


Figura 1 – Dendrograma

Os especialistas das empresas, identificadas como E2, E4, E5, E8 e E6, responderam as 20 perguntas apresentadas no Apêndice 1, resultando em um nível de similaridade muito próximo entre elas e, conseqüentemente estando em um mesmo agrupamento. Já as avaliações dos especialistas das empresas E1, E7 e E3 estão discrepantes do estudo.

Analisando as respostas dos especialistas das empresas E1 e E7, nota-se que são as empresas com menor alinhamento entre os

aspectos: Qualidade (Q), Capacidade Técnica (CT), Competência Ambiental (CA) e principalmente Entrega (ET). Considerando um cenário geral, ambas a empresa tem maior taxa de discordância com as questões levantadas.

O especialista da empresa E3 tem grande concordância com os aspectos apresentados, entretanto ele é a discordar com a questão CA3 relativo a competência ambiental. Caso sua resposta fosse no mínimo 3, o especialista teria um alto grau de similaridade com o maior agrupamento.

O maior agrupamento, composto por E2, E4, E5, E8 e E6 possui um alto grau de similaridade em suas respostas. Em uma análise macro, é possível identificar que eles concordam entre 86% e 98%.

A empresa E5 foi a empresa selecionada como fornecedora verde por atender aos critérios estabelecidos na pesquisa e encontra-se dentro do grupo marrom como apresentado no dendograma. Esta empresa foi a maior qualificada em Competência Ambiental (CA). A empresa E5 possui características de gestão na cadeia de fornecedor verde como competência técnica, competência ambiental e compromisso com a entrega. Por outro lado, a empresa E1 foi a pior qualificada como fornecedora verde nos critérios de capacidade técnica e competência ambiental, necessitando uma significativa melhora na gestão de suprimentos verdes.

## CONCLUSÕES

A produção verde é considerada um fator importante atualmente, no entanto as práticas características deste conceito ainda são rudimentares no setor de fundição. Sendo assim a seleção de fornecedores verdes no setor deve considerar não apenas as características da GSCM, como também critérios básicos de seleção de fornecedores considerando sua performance além do âmbito ambiental. A análise de agrupamentos pode ser uma ferramenta de apoio para a seleção de fornecedores. Foi verificado pelas respostas do questionário, que o especialista E5 obteve o maior impacto positivamente quanto as questões abordadas, significando que as práticas de âmbitos “green” são mais assíduas, favorecendo uma maior representatividade sustentável. Este especialista também, é o fornecedor melhor qualificado quanto a sustentabilidade. Ainda há lacunas a serem preenchidas nas questões ambientais e para a seleção de fornecedores verdes, e/ou pesquisas podem contribuir no futuro para que haja uma melhoria significativa na caracterização de tais questões e seus impactos a curto e longo prazo.

## REFERÊNCIAS

- Amaro, A.; Póvoa A.; Macedo L.. A arte de fazer questionários. Porto, Portugal: Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2005.
- Balaji, M.; Velmurugan, V.; Manikanda, Prasath K. - Barriers in green supply chain management: an indian foundry perspective. India, 2014.
- Che, Z.H. - Using fuzzy analytic hierarchy process and particle swarm optimisation for balanced and defective supply chain problems considering WEEE/RoHS directives. Taiwan, 2014.
- Chen, H M W; Chou, S-Y; Luu, Q D; Yu, T H-K. - A Fuzzy MCDM Approach for Green Supplier Selection from the Economic and Environmental Aspects. Taiwan, 2016.
- Freeman, J; Chen, T. -Green supplier selection using an AHP-Entropy-TOPSIS framework. UK, 2015.
- Gerhardt, T E; Silveira, D T. - Métodos de Pesquisa. Brazil, 2009.
- Mavi, R K. - Green supplier selection: a fuzzy AHP and fuzzy ARAS approach. Iran, 2015.
- Ribeiro, R B.; Santos, E. L. d. - Análise das Práticas Estratégicas da Logística Verde no Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos. Brazil, 2012.
- Saaty, T. L. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill International. USA, 1980.
- Sivaprakasam, R.; Selladurai, V.; Sasikumar, P. - Integrating environmental factors in the supplier's assessment using analytic hierarchy process as a decision making tool. India, 2015.
- Tsai, W.-H; Hung, S-J. - A fuzzy goal programming approach for green supply chain optimisation under activity-based costing and performance evaluation with a value-chain structure. Taiwan, 2013.
- Wan, S.-P; Li, D.-F. - Fuzzy mathematical programming approach to heterogeneous multiattribute decision-making with interval-

valued intuitionistic fuzzy truth degrees. China, 2015.

## **Apendice**

---

### **CUSTO**

---

- C1. O custo da produção (processo, manutenção e garantia) determina o preço final do produto:
- C2. O custo de logística (transporte, combustível, armazenagem, desembaraço) determina o preço final do produto:
- C3. O custo ambiental (Certificado de IBAMA, Certificado de Meio Ambiente) determina o preço final do produto:
- C4. O custo de auditorias (ISOs) determina o preço final do produto:

---

### **QUALIDADE**

---

- Q1. Todos os itens comprados (matéria prima, insumos, consumíveis....) são inspecionados pelo controle de qualidade:
- Q2. Todos os produtos fundidos são inspecionados pelo controle de qualidade:
- Q3. Todos os inspetores de ensaios Não-destrutivos são qualificados:
- Q4. A administração (organização, dedetização, controle e armazenamento) dos modelos de madeira está adequada:

---

### **ENTREGA**

---

- E1. O prazo de entrega do pedido de compra é sempre atendido:
- E2. O pedido de compra é sempre atendido em sua totalidade:
- E3. A empresa avisa o cliente quando há pedido de compra em atraso:
- E4. A empresa possui indicador de desempenho de prazo de entrega:

---

### **CAPACIDADE TECNOLÓGICA**

---

- CT1. A empresa compra equipamentos que permitem a produção de produtos mais limpos:
- CT2. A empresa pratica políticas de redução de materiais, reutilização de peças, reciclagem e reuso de areia:
- CT3. A empresa está desenvolvendo tecnologias para atender as demandas atuais e as futuras:
- CT4. Os funcionários da empresa são treinados em novas tecnologias:

---

### **COMPETÊNCIA AMBIENTAL**

---

- CA1. Todos os resíduos químicos (tintas, solventes...) são descartados adequadamente:
- CA2. Todos os resíduos sólidos (caixa de madeira, papelão ....) são descartados adequadamente:
- CA3. A empresa desenvolve seus produtos para redução de consumo de materiais, energia, água, reciclagem e reuso de produto:
- CA4. A empresa acredita que a Certificação ISO 14000 pode contribuir com meio ambiente: