

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
MARCELO AUGUSTO SPECHT**

**AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE HIGH END DE CAD NA
ENGENHARIA DO PRODUTO DE UMA INDÚSTRIA FABRICANTE DE
CARROCERIAS DE ÔNIBUS**

CASCADEL

2018

CENTRO UNIVERSITÁRIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
MARCELO AUGUSTO SPECHT

**AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE HIGH END DE CAD NA
ENGENHARIA DO PRODUTO DE UMA INDÚSTRIA FABRICANTE DE
CARROCERIAS DE ÔNIBUS**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, da Faculdade Assis Gurgacz - FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Me. Roberson Roberto Parizotto

CASCADEL
2018

FACULDADE ASSIS GURGACZ - FAG

MARCELO AUGUSTO SPECHT

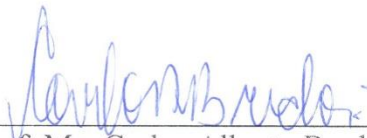
**AVALIAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE HIGH END DE CAD
NA ENGENHARIA DO PRODUTO DE UMA INDÚSTRIA FABRICANTE DE
CARROCERIAS DE ÔNIBUS**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor (a) Me. Roberson Roberto Parizotto

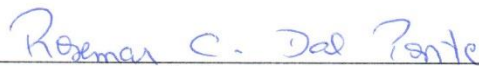
BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Me. Roberson Roberto Parizotto
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Avaliador Prof. Me. Carlos Alberto Breda
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Avaliadora Profª Me. Rosemar Dal Ponte
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Bacharel em Informática

Cascavel, 06 de dezembro de 2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família e a minha esposa, sem vocês nada disso
teria sido possível. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

À minha família, meu mais sincero agradecimento por me acompanharem nesta árdua jornada de nove anos ininterruptos de vida acadêmica, chegando neste momento ao final de minha segunda graduação.

Aos meus amigos e colegas de profissão e de graduação, agradeço pelos inúmeros momentos de conhecimento adquirido e auxílio em todos os momentos desta trajetória.

Ao meu orientador, Professor Roberson Parizotto, pela paciência nas orientações deste trabalho de conclusão de curso e pelo conhecimento transferido não só nesta etapa, mas nos cinco anos deste curso.

A Mascarello Carrocerias e Ônibus LTDA, empresa à qual dedico minhas atividades há nove anos e me proporcionou todos os subsídios para a conclusão e o bom andamento de minha graduação, assim como no desenvolvimento deste trabalho.

Em especial aos meus pais, fontes de inspiração e maiores exemplos de minha vida. Agradeço-lhes por todos os momentos aos quais me apoiaram de modo que somente com o apoio e suporte deles foi possível concluir este sonho.

Finalmente, agradeço a minha Esposa, minha companheira de vida, pelo companheirismo nesta etapa e compreensão pelos momentos de ausência em função de minhas atividades, palavras não são suficientes para agradecer e afirmo que me dedicarei diariamente para que possa retribuir todo o carinho a mim designado.

RESUMO

O presente trabalho tem por finalidade abordar as tratativas e avaliações quanto à implantação de um software de *high end* de CAD (Sistema de grande porte de desenho assistido por computador) na engenharia do produto de uma empresa fabricante de carrocerias de ônibus no oeste do Paraná. A necessidade de avaliação deste tema surge da manutenção da capacidade da empresa através de projetos mecânicos altamente qualificados, minimizando erros e potencializando resultados produtivos e consequentemente financeiros, perante a competitividade no mercado. Neste ponto, cabe ressaltar que o projeto mecânico é o ponto inicial no desenvolvimento e manufatura dos produtos de empresas deste ramo, de forma que os resultados da companhia estão diretamente ligados à qualidade destes. Para abordar o referido tema, será adotada uma visão quanto à evolução dos métodos de projeto mecânico assim como a evolução das carrocerias de ônibus no mercado brasileiro, dando ênfase especial na aplicação atualmente adotada e demonstrando as possíveis melhorias quando da utilização do sistema proposto. O foco principal de abordagem será de uma avaliação quanto ao tempo de desenvolvimento aliado a qualidade do projeto, de modo que após a conclusão de referida pesquisa, seja possível determinar o melhor caminho a ser seguido, seja pela manutenção do software atual, ou a implantação do software proposto. Para efeito de comparação e análise, será observada a utilização de ambos os softwares em um projeto piloto, sendo possível analisar diversos fatores ligados a cada tipo de aplicação, com especial atenção aos níveis de assertividade e possíveis melhorias no produto na etapa de criação do projeto.

PALAVRAS CHAVE: *high end*, CAD, projeto mecânico.

ABSTRACT

The present assignment has the purpose to address the matters and assessment as to a high-end CAD (Computer Aided Design) software implementation in a Product Engineering Department of a bus body manufacturer on the west of the state of Paraná. The need of evaluating this subject arises from the company's maintenance ability through highly qualified mechanical projects, minimizing errors and optimizing productiveness outcomes and consequently financial, in face of the market competitiveness. At this point, it is worth noting that the mechanical project is the starting point on the product development and manufacture of this segment corporations, in a way that the results are directly linked to their quality. To address the mentioned subject, a view in terms of the method evolution of the mechanical project will be incorporated, as well as the evolution of bus body in the Brazilian market, emphasizing especially on the currently application embraced and showing the possible improvements applied in the proposed software. The focus of the approach will be an evaluation as to the development time alongside the project quality. So that after the conclusion is possible to establish the best way to follow, whether keeping the current software or implementing this proposed one. For comparative purposes and analysis, the use of both software will be observed in a pilot project, being possible to examine multiple factors linked to each type of application, with particular attention to the level of assertiveness and possible product improvement on the project creation stage.

KEYWORDS: High-end; CAD; Mechanical project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ambiente de Trabalho AutoCAD

Figura 2 - Utilização Teamcenter

Figura 3 - Ambiente de Trabalho NX

Figura 4 - Drafting NX

Figura 5 - Geração de DNA Gran Micro S3 (Customização)

Figura 6 - Intercambiabilidade de Peças

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Horas Trabalhadas x Pedido

Gráfico 2 - Assertividade x Plataforma de Projeto

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Low End – Sistema de CAD de pequeno porte

Middle End – Sistema de CAD de médio porte

High End – Sistema de CAD de grande porte

CAD – Desenho assistido por computador

PLM – Gerenciamento de ciclo de vida de produto

CAE – Engenharia assistida por computador

CAM – Manufatura assistida por computador

CATEGORIA M3 – Veículo com capacidade de transportar mais de 8 passageiros e dotado de mais de 5 toneladas

NX – Sistema de CAD fabricado pela empresa SIEMENS

AUTOCAD – Sistema de CAD fabricado pela empresa AUTODESK

AUTODESK – Empresa fabricante do AutoCAD

SOLIDWORKS – Sistema de CAD fabricado pela empresa Dassault

TOTVS – Empresa fabricante do Datasul

PROENGINEER – Sistema de CAD fabricado pela empresa PTC

PTC – Empresa fabricante do ProEngineer

CATIA – Sistema de CAD fabricado atualmente pela empresa Dassault

DASSAULT – Empresa fabricante do Solidworks e do CATIA

IBM – Empresa que desenvolveu o CATIA

DATASUL – Sistema de ERP fabricado pela TOTVS

SIEMENS – Empresa fabricante do NX

ERP – Sistema Integrado de Gestão Empresarial

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS.....	11
1.1.1. OBJETIVOS GERAIS	11
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
1.2. ASSUNTO/TEMA.....	12
1.3. JUSTIFICATIVA.....	12
1.4. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	13
1.4.1. FORMULAÇÃO DAS HIPÓTESES	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
3. METODOLOGIA.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
4.1. O PRODUTO A SER CONCEBIDO	18
4.2. A ORGANIZAÇÃO DA ENGENHARIA NA EMPRESA.....	19
4.2.1. ENGENHARIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO	19
4.2.2. ENGENHARIA DO PRODUTO.....	19
4.3. SISTEMAS CAD ATUALMENTE UTILIZADOS	20
4.4. A DEFINIÇÃO PELA NOVA FERRAMENTA DE PROJETO	22
4.5. A IMPLANTAÇÃO	24
4.6. RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO	26
4.7. CASOS DE SUCESSO SIEMENS NX	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
6. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	32
7. REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por veículos de transporte coletivo de passageiros faz com que as indústrias fabricantes deste tipo de veículo busquem cada vez mais soluções na área de engenharia a fim de cumprir com os requisitos cada vez mais exigentes, tanto normativos quanto de mercado.

Neste cenário, aliado as novas soluções do mercado de softwares de projeto mecânico, as indústrias buscam manter-se atualizadas, com o propósito de alavancar seus resultados através da Engenharia.

Este estudo de caso abordará sobre a avaliação da implantação de uma ferramenta de *high end* de CAD em comparação com a ferramenta atualmente empregada, classificada como *low end* de CAD. Para descrever o processo de implantação, será levado em conta o processo transitório entre as duas ferramentas em uma indústria do ramo automobilístico, fabricante de carrocerias de ônibus.

Ao final poderão ser evidenciados os ganhos com a implementação, através de indicadores de assertividade de projetos e redução no tempo de execução destes, fatores cruciais na definição pelo alto investimento para a implantação deste software no departamento de Engenharia do Produto.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivos Gerais

Avaliar a implantação de um sistema high end de CAD e PLM na Engenharia do Produto de uma empresa fabricante de carrocerias de ônibus.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Descrever a evolução dos métodos de elaboração do Projeto Mecânico na empresa em questão;
- Apresentar o sistema proposto para a referida aplicação;
- Descrever o procedimento de migração entre o sistema atualmente aplicado na empresa e o sistema escolhido;
- Verificar nível de assertividade de projeto na utilização do sistema proposto;

- Verificar variáveis relativas ao tempo de projeto na utilização do referido sistema;
- Exemplificar casos de sucesso quando da aplicação deste sistema em empresas de renome mundial;
- Comparar os resultados obtidos.

1.2. ASSUNTO/TEMA

O Assunto do referido trabalho é sobre a avaliação da implantação de um sistema de *high end* de CAD em uma indústria fabricante de carrocerias de ônibus.

O tema abordará sobre avaliar os possíveis benefícios da implantação de uma nova ferramenta de projeto e desenvolvimento do produto.

1.3. JUSTIFICATIVA

A definição da ferramenta de CAD a ser empregada numa companhia deve levar em conta diversos quesitos, como por exemplo, a complexidade dos projetos a serem desenvolvidos pela área de Engenharia da organização. É comum neste cenário identificar empresas que utilizam softwares mal dimensionados para o seu fim, seja quando estes estão aquém das necessidades da empresa ou em outros casos, quando estão superdimensionados para a área de atuação (SOUZA, 2009).

O grande desafio para a manutenção da competitividade no cenário econômico faz com que as empresas, sejam estas de pequeno, médio ou grande porte, demandem investimentos a fim de maximizar a produtividade e por consequência impulsionar seu posicionamento junto ao mercado.

Tomando-se em conta o aumento de produtividade, que neste caso deve obrigatoriamente estar vinculado à qualidade, deve-se levar em conta todos os departamentos da organização, uma vez que este ganho não se delimita a aplicação nos setores que operam diretamente na manufatura de seus produtos (caso da indústria), mas também nos setores de apoio e suporte a essas atividades e que representam grande parte do dispêndio da companhia.

O imediatismo presente nas companhias em relação ao anseio de verificar resultados a curtíssimo prazo faz com que a área de projetos seja por muitas vezes

subestimada quando se almeja o aumento de produtividade e consequente elevação da competitividade nas indústrias. Fato é que a disponibilidade de softwares com maior capacidade produtiva e maior refinamento do projeto do produto, faz com que os ganhos futuros possam aumentar em escala exponencial.

O ramo de atividade da empresa em questão trata-se da produção de Carrocerias de Ônibus para todo o mercado brasileiro, todos os países da América Latina e alguns países da África, de modo que sua capacidade produtiva é de aproximadamente 2000 unidades ao ano. A diversidade da gama de produtos, assim como a grande quantidade de chassis possíveis de implementação de carroceria, aliados às especificidades normativas de construção e de operação nas diversas cidades, estados e países destino dos produtos faz com que o projeto se torne único para o atendimento de cada pedido. Desta forma, a utilização de ferramentas modernas e inteligentes quando da idealização do projeto, venha a ser requisito na busca da otimização e padronização dos componentes adotados na fabricação de seu produto.

A fim de suprir a necessidade pelo aumento de produtividade e qualidade em seus projetos a empresa em questão optou pela implantação de um sistema de *high end* de CAD, o qual permite parametrizações e comunicação com os demais softwares da empresa, obtendo-se unificação das informações da empresa, já que esta inter-relação acaba por evitar o trabalho manual na multiplicação das informações, garantindo a assertividade das mesmas.

1.4. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Qual a relevância e ganhos possíveis quando da aplicação de um software de *high end* na Engenharia do Produto de uma indústria fabricante de carrocerias de ônibus?

1.4.1. Formulação das Hipóteses

H_0 – A empresa em questão decide pela adoção da nova ferramenta.

H_1 – O estudo demonstra não haver viabilidade de implantação para o sistema proposto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O projeto mecânico trata-se de um processo interativo de criação e otimização de um sistema de engenharia, ou seja, é a tomada de decisão quanto a um dispositivo ou item funcional no que diz respeito ao atendimento às necessidades ou desejos humanos (COLLINS, 2006).

A evolução dos métodos de projeto mecânico fez com que ao passar dos anos os projetos deixassem de ser confeccionados puramente em papel, de modo que a computação gráfica se tornou importante e imprescindível ferramenta para a evolução da Engenharia.

Todo projeto mecânico parte de uma necessidade ou de um anseio quanto à resolução de um determinado problema, de modo que o responsável pelo projeto, que pode ser chamado de projetista, deve ter a habilidade de combinar ideias, recursos, princípios científicos e em alguns casos produtos que já existem a fim de buscar a solução do referido problema (GIESECKE, 2002).

O desenho técnico nada mais é a do que a tradução dos conceitos expostos pelo Projetista, sendo assim o elo entre o departamento de projetos e a produção (FIGUEIRA, 2003).

O desenho auxiliado por computador, tradução derivada do inglês '*Computer Aided Drafting*' ou simplesmente CAD trata-se da utilização de um computador nas atividades de desenvolvimento de produtos, auxiliando no desenho e modelamento de peças pela interação com o computador, etapa onde são definidas todas as informações geométricas necessárias para a concepção do produto (SOUZA, 2009).

O uso de computadores para tal finalidade iniciou em 1963, quando um projeto feito pela Massachusetts Institute of Technology foi apresentado, este sistema era chamado de Sketchpad e utilizava um tubo de raios catódicos e uma caneta óptica como ferramentas de trabalho (GIESECKE, 2002).

Quando da utilização de sistemas CAD para a realização de projetos e desenhos mecânicos, o processo de criação é extremamente acelerado em relação à tarefa desenvolvida manualmente em pranchetas de desenho, a possibilidade de verificar o projeto em várias faces, assim como dar manutenção de maneira

facilitada quando necessário, torna a utilização dos programas muito proveitosa para as empresa, diminuindo assim o número de projetistas, uma vez que apenas uma pessoa é capaz de suprir a demanda que outrora era dividida entre vários projetistas. (TURBAN, RAINER e POTTER, 2003).

Os softwares para CAD podem ser divididos em três categorias, de acordo com a sua finalidade e a sua interação com o processo e a cadeia produtiva da companhia onde é utilizado. As três categorias de software CAD são:

- Sistemas de CAD de pequeno porte – *low-end*
- Sistemas de CAD de médio porte – *middle-end*
- Sistemas de CAD de grande porte – *high-end*

Os sistemas de pequeno porte – *low end* são os mais difundidos, tendo em vista seu maior tempo de desenvolvimento e de mercado sendo utilizados para representar objetos e formas geométricas de duas dimensões. Já os sistemas de médio porte – *middle end* trazem consigo a principal característica da capacidade de representação geométrica em três dimensões, de modo que os softwares caracterizados nesta categoria, não são integrados com outros sistemas computacionais, ou seja, operam em um único ambiente de trabalho (SOUZA, 2009).

Mais novos e robustos os sistemas classificados na categoria de grande porte – *high end* são compostos por vários módulos dentro do mesmo software, isto é, permite a integração entre o módulo de CAD com os demais módulos utilizados no processo produtivo da companhia, como CAE, CAM, etc. (SOUZA, 2009).

Os softwares da categoria *high-end* são desenvolvidos e utilizados pelas grandes corporações, como por exemplo, a *General Motors* desenvolvendo o software *Unigraphics*, atualmente produzido e comercializado pela Siemens PLM, sob a denominação de NX. Cabem ainda como exemplo deste tipo de software o Catia, desenvolvido pela IBM e o ProEngineer, desenvolvido pela PTC (SOUZA, 2009).

Os sistemas do tipo *high-end* são mais robustos e englobam além dos recursos constantes nas categorias *low-end* e *middle-end* as características de capacidade

de modelamento híbrido, recurso de visualização fotográfica e a integração com os demais módulos, CAE, CAM, etc. (SOUZA e COELHO, 2003).

3. METODOLOGIA

Dada à necessidade de mensurar a qualidade e o tempo dos projetos quando da utilização da ferramenta proposta, a pesquisa em questão trata-se do tipo quantitativa. A pesquisa quantitativa pode ser definida como aquela em que os dados depois de quantificados podem ser comparados de forma objetiva, recorrendo à linguagem matemática para descrever o problema ou fenômeno (FONSECA, 2002)

A escolha de um novo software para a realização dos projetos mecânicos em uma indústria fabricante de carrocerias de ônibus depende de diversos fatores a serem analisados durante o processo de decisão. Carrocerias de Ônibus são as estruturas acopladas aos chassis que em conjunto dão forma aos veículos de Categoria M3. Na categoria M3 estão contemplados os veículos que possuem ocupação superior à 8 lugares e Peso Bruto Total maior que 5 toneladas (CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO, 1997).

Tendo em vista a definição já tomada pela empresa, referente à aplicação do software NX da Siemens PLM, o trabalho de implantação consiste em várias etapas a serem concluídas juntamente a análise do seu desempenho em comparação ao software previamente utilizado.

A primeira etapa é a de treinamento da equipe de implantação. Esta equipe é composta por quatro pessoas, responsáveis pela implantação e parametrização deste novo sistema. Após o treinamento inicial, a equipe passa às etapas subsequentes, de parametrização do primeiro modelo de veículo e alimentação do banco de dados para propiciar a utilização plena das funcionalidades deste tipo de programa.

Após a alimentação da base de dados e parametrização do primeiro veículo, será confeccionado o primeiro projeto de atendimento a um pedido de vendas, inteiramente na mesma ferramenta.

Para a realização do projeto, serão tomadas por base além das parametrizações e o banco de dados existente no novo sistema, todas as normas quanto à construção de ônibus, de acordo com o mercado atendido.

O processo de acompanhamento e avaliação da implantação de uma nova ferramenta de desenho na Engenharia do Produto será do tipo qualitativo e ao mesmo tempo quantitativo.

As metas de assertividade de projeto serão medidas através de indicadores mensais, quanto à proporção de acerto de projeto em relação ao total executado. Desta maneira será possível verificar se quando da utilização da nova ferramenta, a assertividade de projeto sofre variação positiva em relação à ferramenta adotada atualmente como responsável pela execução dos projetos mecânicos da Engenharia do produto da referida empresa.

A assertividade de projeto está diretamente ligada com a qualidade destes e consequente qualidade do produto. A ferramenta em questão é consideravelmente superior quando da busca pela assertividade em relação à ferramenta atualmente empregada. Visto que com a utilização de um software de três dimensões em comparação a um software de duas dimensões a qualidade esperada do projeto é muito superior, visto que permite ao projetista maiores verificações no momento de confecção do projeto.

Aliado a qualidade do projeto, estima-se que com a nova ferramenta será possível aumentar a produtividade da Engenharia do Produto, pois com a nova ferramenta e suas possíveis parametrizações, permite a reutilização de diversos componentes, de modo que o próprio sistema realiza as consultas no banco de dados, fazendo com que os projetistas não dispendam tempo para tal função, que por muitas vezes se torna muito complexa visto o nível de complexidade do produto e sua vasta gama de variações.

Como método de avaliação para a análise quantitativa, será observado o tempo dispendido para a realização do projeto na nova ferramenta em comparação ao tempo dispendido na ferramenta anterior, tomando-se por base alguns projetos pontuais que sejam passíveis de análise.

Os fatores a serem analisados para a definição da continuidade do processo de substituição do software atualmente empregado são os de qualidade e

produtividade. Em caso de aumento nestes dois quesitos, comprova-se a utilidade e a motivação para a manutenção da implantação do software proposto.

A Engenharia e o papel de projetista estão incluídos na sociedade desde os primórdios das mais antigas civilizações. No que concerne a Engenharia Mecânica a figura do projetista tem responsabilidades atribuídas que vão desde a concepção do projeto propriamente dito, até o levantamento e projeto das ferramentas e meios disponíveis para produção, passando por estudos e definições de custos a fim de verificar a viabilidade de execução e implantação.

No ramo da indústria, neste caso tomando-se por base às indústrias fabricantes de carrocerias de ônibus, o processo evolutivo passa pela utilização de projetos feitos basicamente à mão, com a utilização de tecnígrafos, sendo que em meados dos 90 iniciou-se a utilização de ferramentas de CAD em larga escala, neste caso a aplicação era basicamente da utilização de uma das mais difundidas ferramentas deste tipo, o AutoCAD desenvolvido e distribuído pela Autodesk. Atualmente, as metodologias de projeto mecânico assistido pelo computador, que despontam no mercado e estão sendo difundidas nos mais diversos segmentos de atuação da Engenharia, são as aplicações do tipo *high end*, que possibilitam a interação com os mais diversos tipos de demais sistemas empregados pela empresa, além de essas plataformas possibilitarem o acompanhamento do projeto e sua gestão desde a etapa de projeto, até a sua concepção física na produção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. O PRODUTO A SER CONCEBIDO

O projeto de Carrocerias de Ônibus é de ampla complexidade vista sua alta gama de produtos e variações. Ditas variações podem ser medidas tendo-se por base os 14 modelos ofertados pela organização neste momento, os quais podem ser fabricados sobre até 5 marcas de chassis diferentes, em até 5 comprimentos padrões e devem atender cada qual aos regulamentos estatutários, o que considerando a grandeza do Brasil e suas particularidades, pode existir de acordo com o segmento e a aplicação, um para cada um dos 26 estados e ainda o Distrito Federal, sendo que todos os produtos estão também disponíveis para

comercialização nos diversos países de atuação da companhia, fazendo com que às particularidades sejam aumentadas em proporções exponenciais.

As carrocerias de ônibus diferente dos veículos comerciais e de larga escala de produção são produtos customizados e produzidos somente depois de efetuados pedidos comerciais de compra. Não é usual pela indústria brasileira que se façam carrocerias de ônibus para estoque, a fim de se ter veículos a pronta entrega, isso se deve basicamente ao anteriormente exposto, a impossibilidade de se obter um produto padronizado.

O conceito estrutural das carrocerias de ônibus consiste em produtos concebidos através de estruturas tubulares, diferentemente das estruturas estampadas aplicadas nos veículos comerciais e com produção em massa da indústria automobilística brasileira. Portanto a concepção do produto torna-se até certo ponto artesanal e dificilmente mecanizada.

Neste contexto, a qualidade da informação gerada pela Engenharia na concepção do projeto se torna cada vez mais importante, com o intuito de evitar retrabalhos, prover a padronização de pequenos conjuntos, até onde seja possível, vista a diversidade de projetos existentes para este segmento.

4.2. A ORGANIZAÇÃO DA ENGENHARIA NA EMPRESA

Para entender o roteiro de criação de projeto de carrocerias de ônibus, é importante entender as divisões e atribuições de cada setor envolvido na Engenharia de uma indústria deste tipo:

4.2.1. ENGENHARIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

É neste setor que é concebido o conceito estrutural e de design do produto, com todas as definições para a concepção em escala de produção. A engenharia de pesquisa e desenvolvimento, em resumo, concebe o projeto do veículo padrão, sendo responsável pelo desenvolvimento de novos produtos e componentes a serem agregados nos veículos.

4.2.2. ENGENHARIA DO PRODUTO

A Engenharia do Produto é o setor que a partir das definições da Engenharia de Pesquisa e Desenvolvimento, traduz os projetos em escala de produção e faz o arranjo destas definições nas mais diversas configurações de mercado, é neste setor que a Engenharia da empresa trabalha com prazos extremamente justos e são a partir dos projetos realizados na Engenharia do Produto que são produzidos e comprados todos os componentes a serem montados nos veículos, assim como a própria montagem destes.

4.3. SISTEMAS CAD ATUALMENTE UTILIZADOS

Tendo em vista o pouco tempo de mercado da empresa em questão, fundada em 2003, o sistema CAD inicialmente aplicado nesta empresa é uma ferramenta de low end de CAD, fabricado pela AutoDesk e o mais difundido dos softwares deste tipo. Como a empresa iniciou suas atividades em uma era já informatizada, não se viu obrigada a utilização do projeto feito à mão propriamente dito, solução esta que foi utilizada por diversas empresas do segmento no Brasil, visto a até então inexistência de tecnologias para o emprego de desenho mecânico com o auxílio de computador.

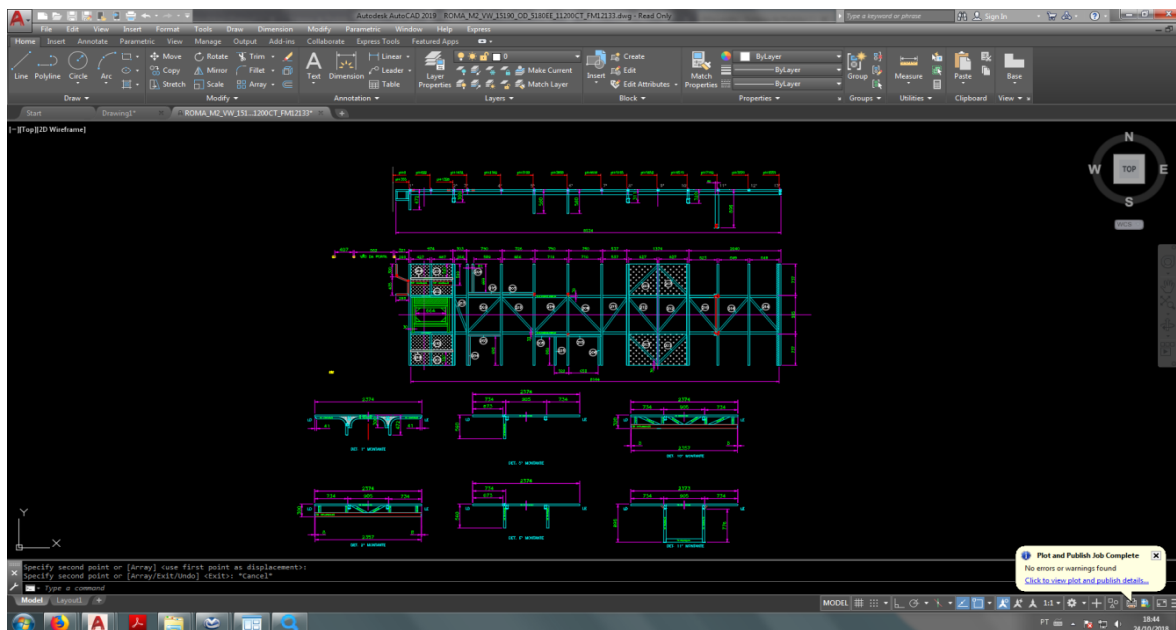


Figura 1 - Ambiente de Trabalho AutoCAD

(Fonte: Mascarello Carrocerias e Ônibus Ltda)

A Engenharia do Produto, que é o departamento aqui estudado, utiliza no desempenho de todas as suas atividades a ferramenta AutoCad, em duas dimensões, o que dificulta em muitos casos a interpretação e o entendimento das montagens a serem feitas, uma vez que o sistema não aponta possíveis interferências ou dificuldades de fabricação. Além do mais, projetos concebidos por esta ferramenta, não possuem a mesma qualidade visual que as ferramentas de três dimensões dispõem. Cabe-se salientar, que devido a gama de produtos já apresentados, a empresa atualmente possui em sua biblioteca números superiores a 280.000 projetos, que por muitas vezes são difíceis de rastrear, de modo que muitos destes projetos em muito se assemelham, ou em certos casos podem ser iguais.

Já o departamento de Engenharia de Pesquisa e Desenvolvimento, visto as suas atribuições, faz uso do SolidWorks, uma ferramenta de CAD de três dimensões, o que mesmo sendo uma ferramenta considerada de middle end de CAD, auxilia nas interpretações e entendimento do conceito do veículo. Neste ponto é importante ressaltar que são através dos projetos concebidos por este departamento que o veículo inicial é produzido, assim como os moldes para fabricação de peças de fibra de vidro e plástico, dois compósitos aplicados massivamente na indústria de carrocerias de ônibus.

4.4. A DEFINIÇÃO PELA NOVA FERRAMENTA DE PROJETO

Em busca de características como manutenção da competitividade no mercado, através da otimização do trabalho de engenharia, assim com o incremento da qualidade e assertividade de projetos, a Empresa buscou uma solução que unificasse o método de projeto em todos os departamentos da organização, desta forma, a companhia optou pela implantação de uma ferramenta de high end de CAD, que possibilita a integração entre estes departamentos em função de um único software, assim como a utilização conjunta com ferramentas de CAE e CAM. Neste ponto, cabe ressaltar que a ferramenta deve atender desde as solicitações de projeto de peças de acabamento, assim como das peças puramente estruturais da carroceria de ônibus, portanto, o software escolhido tem a premissa de poder ser utilizado desde a concepção do design do veículo, até a sua concepção estrutural.

Inicialmente, foram analisadas três soluções difundidas no mercado: ProEngineer (PTC); CATIA (Dassault) e NX (Siemens), sendo esta última a ferramenta escolhida, muito em função da possibilidade da aplicação conjugada de um sistema de PLM (Product Life Manager – Gerenciamento de Ciclo de Vida de Produto), o que facilita e melhora a gestão dos projetos, assim como possibilita o correto rastreamento destes, evitando assim duplicidades e peças desenvolvidas com muita similaridade, facilitando assim o processo de padronização dos componentes pela empresa. O NX possibilita através de seus avançados recursos o projeto de peças de acabamento fino, através da metodologia de Surface e ainda soluções de automação das tarefas cotidianas, possibilitando à Engenharia do Produto o dispêndio de seu tempo em melhorias e benfeitorias, assim como em projetos que requerem maior disponibilidade de tempo.

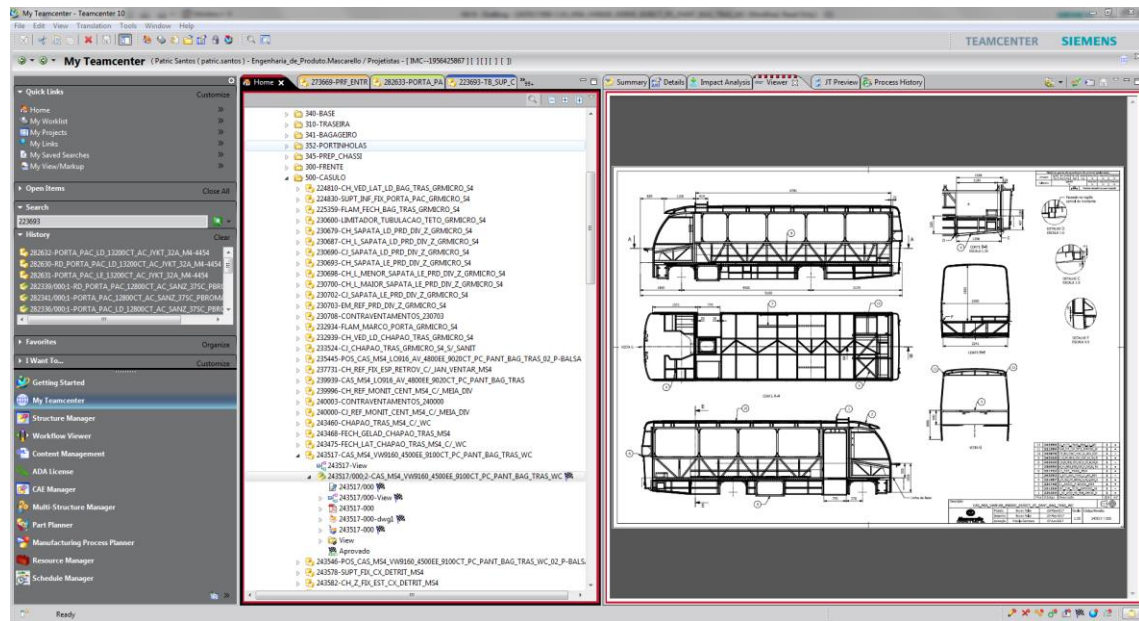


Figura 2 - Utilização Teamcenter

(Fonte: Mascarello Carroceiras e Ônibus Ltda)

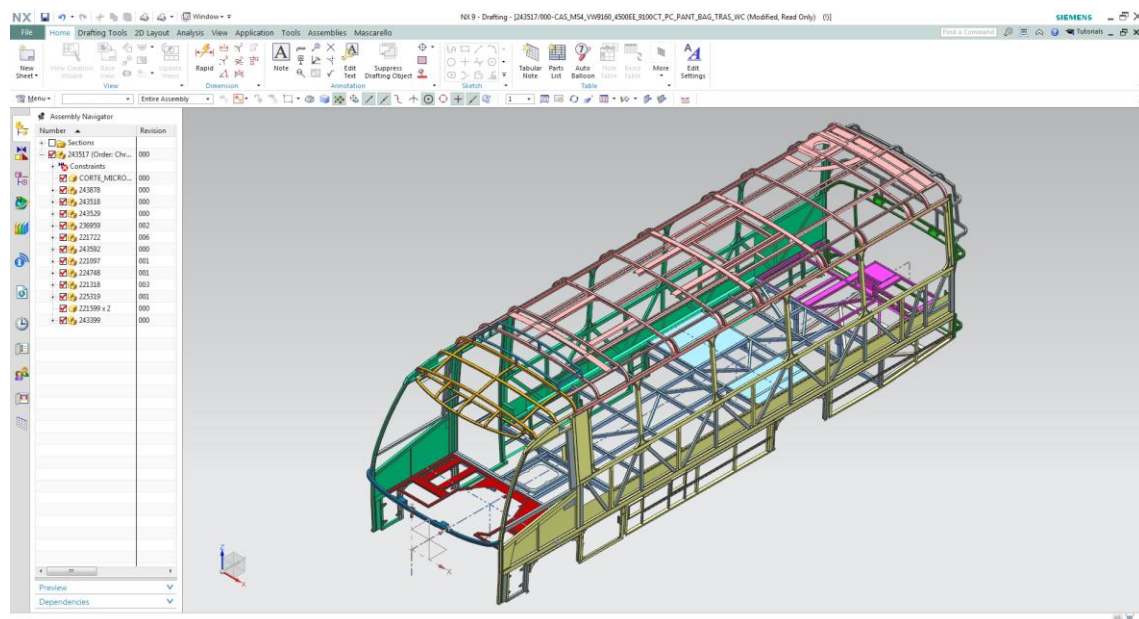


Figura 3 - Ambiente de Trabalho NX

(Fonte: Mascarello Carroceiras e Ônibus Ltda)

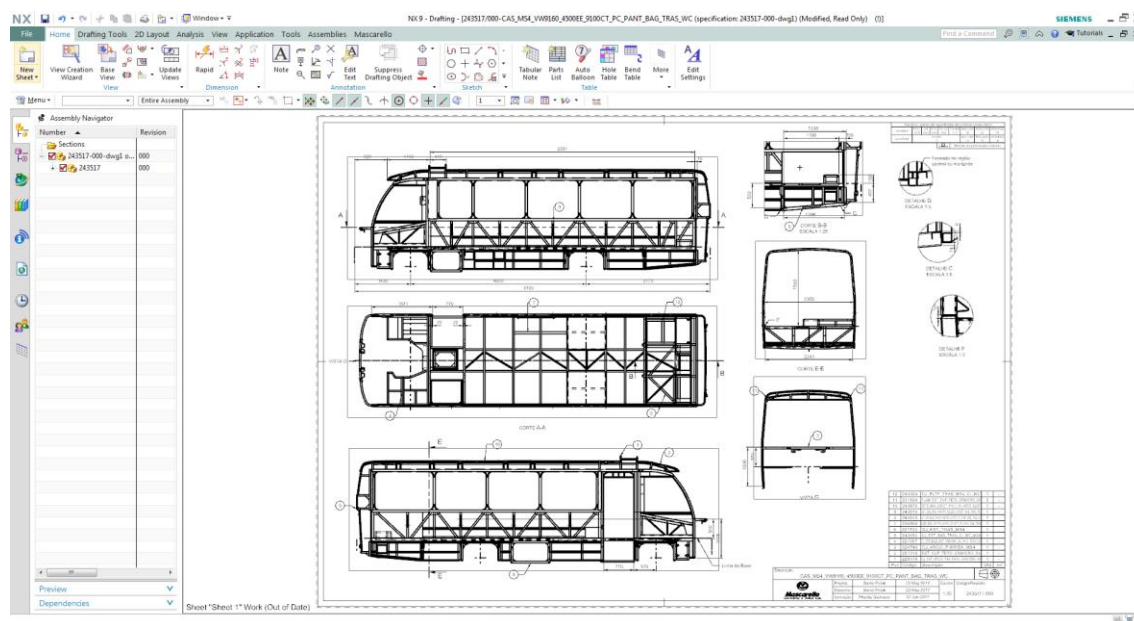


Figura 4 - Drafting NX

(Fonte: Mascarello Carroceiras e Ônibus Ltda)

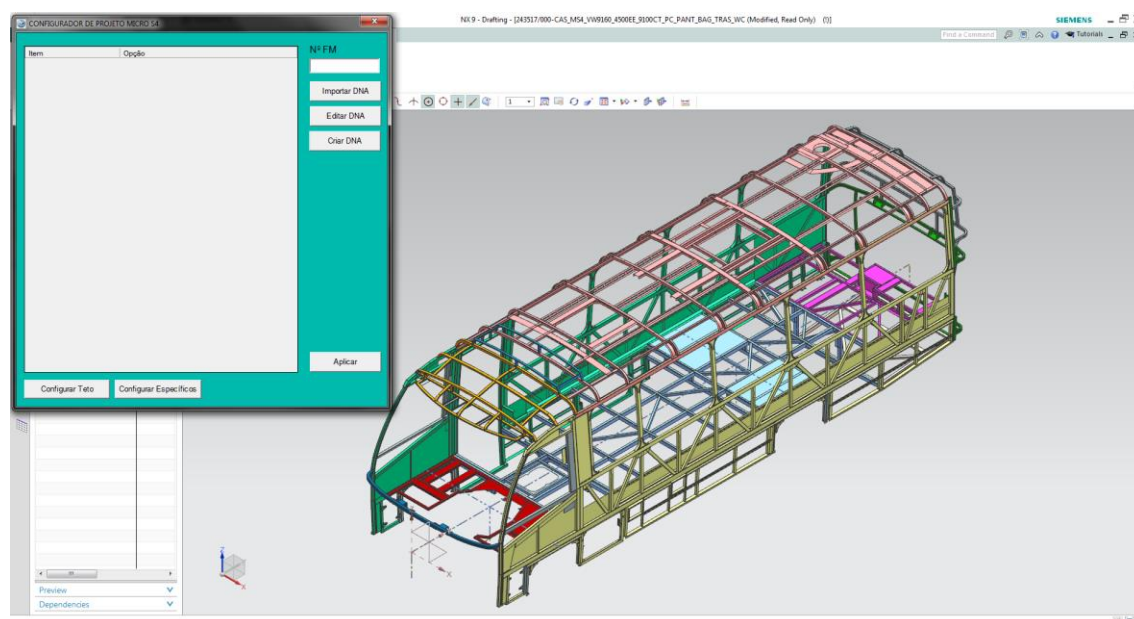


Figura 5 - Geração de DNA Gran Micro S3 (Customização)

(Fonte: Mascarello Carroceiras e Ônibus Ltda)

4.5. A IMPLANTAÇÃO

Após a definição pelo sistema a ser implantado, a empresa formou uma equipe multitarefa de implantação do Software em função de suas atividades, esta equipe

foi composta por dois membros da Engenharia do Produto e dois membros da Engenharia de Desenvolvimento. Estes membros foram escolhidos pela empresa em função do conhecimento do produto e abertura quanto a novas tecnologias, sendo este segundo ponto uma das maiores dificuldades das empresas nas implantações de novas metodologias. Cabe salientar, que dos quatro membros da equipe de implantação do NX, apenas um possuía experiência de utilização do software, sendo os outros três iniciantes na ferramenta.

Para possibilitar a implantação do referido sistema, os quatro membros da equipe de implantação, somados a dois membros da Engenharia de Pesquisa e Desenvolvimento e um Designer, foram treinados pela companhia fabricante do software a marca alemã SIEMENS. Estes treinamentos compreenderam um total de 160 horas divididas em seis módulos.

Os treinamentos consistiram desde o mais básico conhecimento do sistema, até as funções complexas e de alto desempenho como a parametrização e customização das ferramentas em função das atividades da empresa.

Após a conclusão dos treinamentos, a equipe de implantação dedicou suas atividades em tempo integral em função da implantação do software. Esta fase de pavimentação do sistema e criação da biblioteca inicial de itens, através da migração de alguns projetos do AutoCAD, ferramenta até então utilizada, ao Siemens NX, durou aproximadamente um ano e coincidiu com o desenvolvimento da atualização do modelo de um dos produtos da empresa, fazendo com que este tenha sido escolhido para ser o primeiro produto puramente concebido na nova ferramenta.

Desta forma, quando da concepção deste produto, a Engenharia de Pesquisa e Desenvolvimento e o Design da empresa empregaram a nova ferramenta, atendendo os requisitos de unificação da metodologia de projeto entre os departamentos de Engenharia da organização.

A equipe de implantação foi responsável pela parametrização dos componentes a fim de aperfeiçoar e facilitar as atividades da Engenharia de Produto, foco deste estudo, em sua aplicação em escala industrial.

A parametrização consiste em criar métodos no sistema, proporcionando que peças e conjuntos que possuam algum padrão, vide a alta customização do produto, possam ser projetados automaticamente pelo sistema através de algumas

variáveis de entrada e parâmetros preestabelecidos, este conceito levou em torno de um ano para tornar-se totalmente confiável e após a sua implantação propicia aos projetistas que demandem suas tarefas na confecção de projetos especiais, automatizando boa parte do trabalho de engenharia na concepção estrutural do produto.

Além dos requisitos e necessidades já expostos, muito importante na Engenharia em suas atribuições junto à indústria, são as informações geradas pela Engenharia do Produto para os demais departamentos da empresa, isto é, além de o projeto ser mecanicamente confiável e propiciar a correta produção/montagem do produto, a Engenharia gera informações para a produção dos componentes, aquisição dos insumos, custeio do produto, aquisição de componentes, ou seja, a assertividade na etapa inicial do projeto implica em toda a cadeia da empresa, fazendo com que as informações ali geradas, sejam de suma importância no resultado da companhia.

Desta forma, outro requisito na implantação do Siemens NX, foi a sua integração com o sistema de ERP da empresa, que utiliza o Totvs Datasul. Portanto no momento da implantação, foram desenvolvidas metodologias de comunicação entre o software de projeto e o software de ERP da empresa, afim de que as informações tornassem-se confiáveis a ponto de através das customizações e parametrizações, os dados fossem fornecidos de forma automática e padronizados, sem a intervenção do projetista.

4.6. RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO

Quando do lançamento do modelo Gran Micro S4, a produção do veículo protótipo teve sua concepção baseada toda na nova metodologia de projeto da empresa. O primeiro veículo por ser protótipo apresentou os problemas e dificuldades existentes em cada protótipo, porém após o refinamento do projeto e consequente entrada do produto em escala de produção após disponibilização ao mercado, a Engenharia do Produto apresenta hoje 99% de assertividade nos projetos realizados com a nova plataforma, isto representa ganhos em redução dos custos de retrabalho e também na agilidade para a entrega do produto, pois os

erros de projeto afetam toda a cadeia produtiva de uma empresa que possui linha de montagem sequencial.

Outro ponto importante a ser destacado é o ganho de tempo na confecção dos projetos, pois como já dito, as tarefas que possuem padronização puderam ser automatizadas, fazendo com que casos onde os projetistas gastavam 20 horas de projeto, fossem reduzidos para 2 horas de projeto, liberando os mesmos para a execução de outras tarefas. Esta relação pode ser vista no gráfico abaixo, que demonstra a comparação do tempo médio de projeto quando da utilização da ferramenta AutoCAD e da ferramenta proposta, Siemens NX.

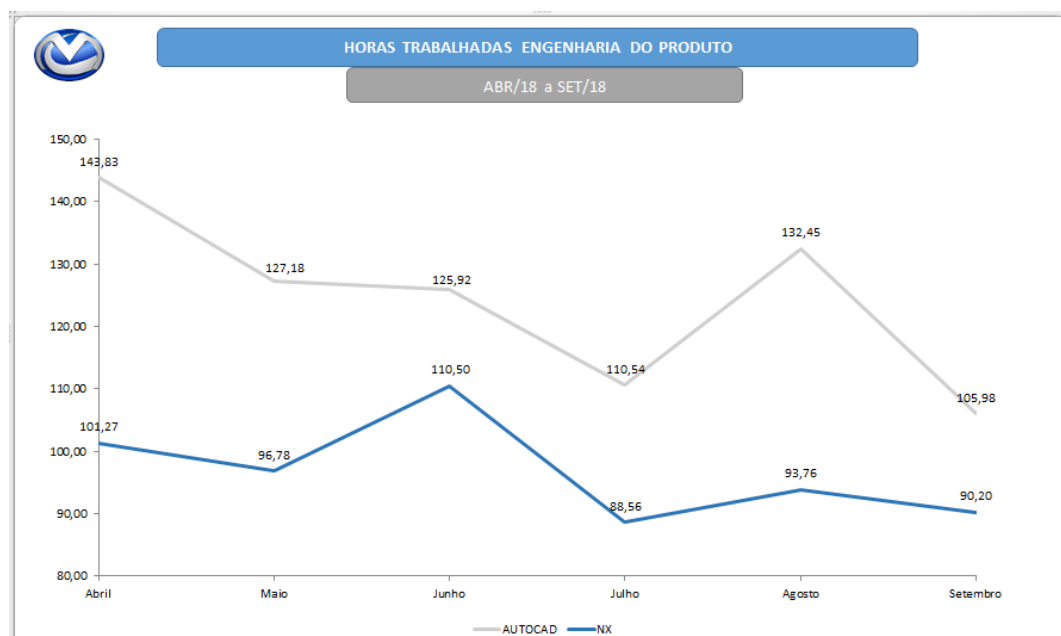


Gráfico 1 - Horas Trabalhadas x Pedido

(Fonte: Mascarello Carroceiras e Ônibus Ltda)

Tendo em vista a grande biblioteca já existente no AutoCad a empresa optou pela implantação do Siemens NX na atualização dos produtos existentes, portanto atualmente o software está implantado no projeto do Gran Micro S4, primeiro modelo implantado e recentemente quando da atualização da versão do Gran Micro S3, este também foi concebido na nova metodologia de projeto.

Sendo os dois veículos da mesma família de produtos e concebidos com a mesma ferramenta de projeto, isto proporcionou uma grande unificação de itens, através de padronizações e parametrizações do sistema. A padronização gera

ganhos para a companhia em função de produções em larga escala, assim como para os clientes que possuem veículos dos dois modelos, uma vez que peças de reposição são intercambiáveis entre estes.



Figura 6 - Intercambiabilidade de Peças

(Fonte: Mascarello Carroceiras e Ônibus Ltda)

Os valores atuais de assertividade da Engenharia do Produto em seus projetos rondam a casa dos 97%, sendo que nos produtos onde a nova metodologia de projeto está implementada, o percentual de assertividade está em 99%. A primeira vista, o incremento de apenas 2% no nível de assertividade, pode parecer pequeno, porém, considerando o alto nível de competitividade do mercado, este pequeno ganho acaba por influenciar significativamente no resultado da empresa.

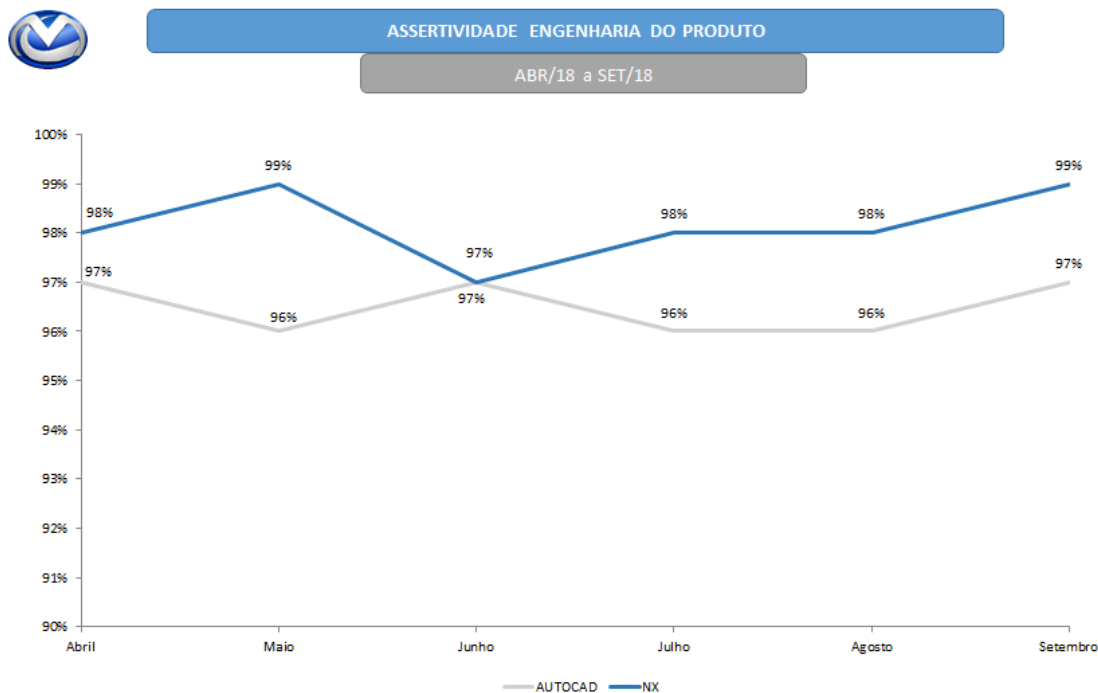


Gráfico 2 - Assertividade x Plataforma de Projeto

(Fonte: Mascarello Carroceiras e Ônibus Ltda)

Com a implantação do Siemens NX finalizada no Gran Micro S3 e já implantado no Gran Micro S4, a equipe de projetos responsável pela família de micro ônibus já contempla a nova ferramenta em dois dos três modelos da empresa neste segmento, que podem ser considerados os veículos carros chefe da organização, portanto acentuam-se neste caso os benefícios do incremento da assertividade em projetos, fazendo com que os veículos não sofram atrasos produtivos em função de erros de projeto.

4.7. CASOS DE SUCESSO SIEMENS NX

Descrito por sua fabricante como uma solução flexível de CAD, o Siemens NX foi criado pelas equipes de engenharia de tecnologia de informação da General Motors, sendo posteriormente adquirido pela atual fabricante SIEMENS e é empregado em diversas empresas das mais variáveis aplicações, dentre as quais, empresas de renome mundial, como:

- AIRBUS
- EMBRAER

- LAMBORGHINI
- GENERAL MOTORS
- MERCEDES BENZ
- RED BULL RACING
- VOLVO

Além das empresas acima citadas, utilizadas como exemplo, outras inúmeras empresas estão fazendo uso deste software e outras tantas em processo de migração, visto suas grandes vantagens aqui já expostas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ferramentas de CAD utilizadas pelas empresas no desenvolvimento de seus produtos cada vez mais impactam na manutenção da competitividade perante a indústria. O correto dimensionamento dessas ferramentas pode fazer com que as companhias tenham redução do desperdício em função de erros básicos de projeto quando efetuados em escala industrial, assim como pode prover o aumento nos lucros da empresa, pois a aplicação das soluções modernas de mercado, amparadas pelo know-how da atividade, faz com que possa haver melhorias no desenvolvimento, reduzindo custos de produção e incrementando qualidade e valor agregado no produto.

Com o presente estudo de caso, pôde-se observar que após a aplicação da nova ferramenta na engenharia de produto da companhia, os resultados foram satisfatórios, uma vez que foi evidenciado o aumento no nível de assertividade de projetos, na ordem de 2%, fato que se deve a qualidade da ferramenta e de suas customizações, fazendo com que os projetistas da empresa dispendam seu tempo em função do que realmente possa causar impactos nos projetos.

Outro ponto a se destacar, foi a redução no tempo de projeto quando da aplicação da nova ferramenta, sendo que nos 6 meses verificados, apresentou uma redução média de 22% no dispêndio de horas de trabalho da engenharia em função de cada pedido.

Desta forma, conclui-se que a implantação do Siemens NX em toda a carteira de produtos da empresa deve ser mantida pela empresa, pois os ganhos apresentados nos dois modelos atualmente projetados com esta ferramenta, irão se repetir nos demais produtos, alavancando os resultados da companhia através de projetos melhores desenvolvidas e com maior índice de assertividade.

6. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Abaixo são listadas algumas sugestões de trabalhos futuros sobre o tema e que não foram abordados neste trabalho:

- Avaliação de programa de transferência de tecnologia entre Mascarello e FAG;
- Avaliação e dimensionamento de estruturas através do NX;
- Avaliações de elementos finitos através da ferramenta NX em conjunto com a ferramenta NASTRAN.

7. REFERÊNCIAS

COLLINS, J. A. **Projeto Mecânico de Elementos de Máquinas**. Rio de Janeiro, LTC, 2006.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO – CONTRAN, Lei nº 9.503 de 23/09/1997 – **CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO** – CTB, 1997.

FIGUEIRA, R.J.C.M. **CAD/CAE/CAM/CIM** 2002/2003. Disponível em: <http://www.dei.isep.ipp.pt/~paf/proj/Julho2003/CAD_CAE_CAM_CIM.pdf> Acesso em: 15 abr. 2018.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da Pesquisa Científica**. Fortaleza, UEC, 2002

GIESECKE F. E.; et al. **Comunicação Gráfica Moderna**. Porto Alegre, Bookman, 2002.

SOUZA, A. F.; ULBRICH, C. B. L. **Engenharia Integrada Por Computador e Sistemas CAD/CAM/CNC – Princípios e Aplicações**. São Paulo, Artliber, 2009.

TURBAN, E.; RAINER, R. K.; POTTER, R. E. **Administração da Tecnologia da Informação (TI): Teoria e Prática – Introduction to Information Technology**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 2003.