

# AVALIAÇÃO DO SISTEMAS CAD UNIGRAPHICS PARA A MELHORA DA EFICIÊNCIA NA TROCA DE DADOS ATRAVÉS DA STEP AP214 \*

**Eng. Joselito Rodrigues Henriques**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - FEMP - UNIMEP  
Fone (19) 3124 1811 – E-mail: jrhenrique@unimep.br

**Prof. Dr.-Ing. Klaus Schützer**

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - FEMP - UNIMEP  
Fone (19) 3124 1792 – E-mail: schuetzer@unimep.br

## *Abstract*

*The development of the Application Protocol AP214 of the STEP standards and its use in the automobile industries has improved considerably the quality of the data exchange among CAD systems, reducing the costs in the product development. Even with the great improvement proportionate by the AP214, there are still problems that need to be solved according to improve the data exchange efficiency.*

*Amongst the problems that still exist in the data exchange, the tolerance value used in the construction of the CAD model has been the main of them, according with this reality, this paper has the objective to show the result of the test that was made with the CAD system Unigraphics according to evaluate it with regard to the modeling tolerance and to present solutions and recommendations to increase the efficiency in the data exchange among CAD system.*

*Keywords: STEP AP214, Data exchange among CAD systems, Tolerance*

## **1. Introdução**

O custo elevado na troca de dados, em função do longo prazo no processo de troca de dados CAD através de reconstrução de modelos ou mesmo da utilização dos padrões de trocas dados, que refletiam a necessidade da década de 80 (IGES , SET , VDAFS ), levou os principais desenvolvedores de automóveis a elaborarem a Norma Internacional para troca de dados de Projetos Automotivos STEP AP214 (ISO 10303), que já esta sendo utilizada como padrão na troca de dados CAD 3D pelas principais empresas automobilísticas situadas na Europa, Estados Unidos e Japão.

Mesmo com os grandes avanços na troca de dados, através do trabalho conjunto que vem sendo feito entre os centros de desenvolvimentos da STEP, desenvolvedores de sistemas CAD e usuários do ramo automotivos, ainda existem problemas que precisam ser

---

\* HENRIQUES, J. R.; SCHÜTZER, K. *Avaliação do sistema CAD Unigraphics para a melhora da eficiência na troca de dados através da STEP AP214*. In: Encontro de Mestrados e III Encontro de Doutorandos em Engenharia, 7., 2003, Piracicaba. Anais... Piracicaba: UNIMEP, 2003.

superados, de forma a melhorar a eficiência da troca de dados e conseqüentemente o desenvolvimento do produto.

Dentre os problemas que ainda existem na troca de dados, o valor da tolerância utilizada na construção dos modelos CAD tem sido um dos fatores mais crítico, uma vez que os sistemas CAD não utilizam o mesmo conceito para definir a tolerância, além de haver uma variação nos valores limites aceitáveis do sistema, como mostra a Figura 1 [2,3,4,5].

Tendo em vista a melhora na eficiência na troca de dados CAD através da STEP AP214 é que foi realizado este trabalho, onde a tolerância envolvida na construção do modelo CAD, fator que mais contribuem para problemas de troca de dados, foi analisada.

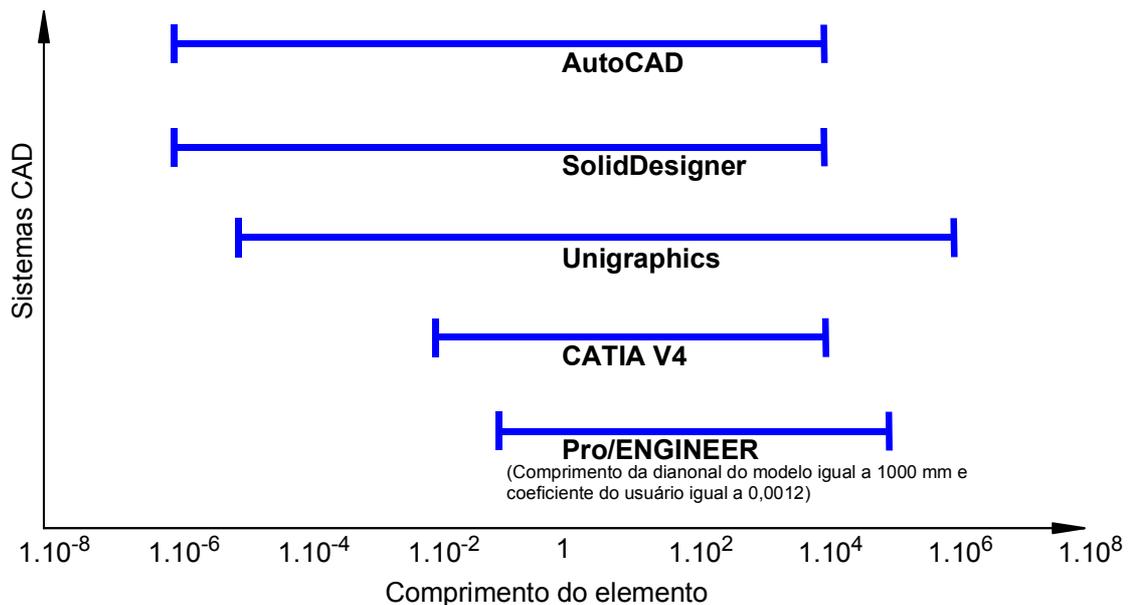


Figura 1 - Faixa de tamanho dos elementos geométricos (Valores “default”) [1]

Com o objetivo de estabelecer uma linguagem comum na definição da tolerância empregada nos sistemas CAD, quatro parâmetros foram selecionados no estudo realizado na Alemanha pela PROSTEP [1], sendo:

- Mini elemento;
- Gap máximo;
- Tamanho (Dimensão) máximo do modelo;
- Ângulo máximo

Os parâmetros podem ser definidos como:

*Mini elemento*: (Menor elemento possível de se construir no sistema CAD) é a extensão do menor elemento que pode ser criado por alguma operação de modelamento ou pela importação de um modelo. Este elemento pode ser uma curva, superfície ou um sólido.

*Gap máximo*: é a distância máxima permitida entre os elementos topológicos: vértices, “edges” e faces.

Tamanho (Dimensão) máximo do modelo: é a extensão (dimensão) máxima do maior elemento que pode ser criado, por qualquer operação de modelamento no espaço geométrico.

Ângulo Máximo: é o ângulo máximo permitido que garante o paralelismo/tangenciamento de dois vetores.

Os problemas mais frequentes na troca de dados CAD encontram-se nos limites inferiores (lado esquerdo da Figura 1) onde ocorrem os maiores desvios entre os diferentes sistemas CAD e que dependem dos parâmetros de tolerância: Mini Elemento e Gap Máximo[1].

## **2. Teste de tolerância no sistema CAD Unigraphics**

Tendo em vista o melhor conhecimento do parâmetro de tolerância mini elemento no sistema Unigraphics (UG), vários tópicos foram levantados:

1. Qual é a tolerância máxima permitida no UG?
2. Os sistemas UG permitem a construção de um mini elemento menor que a tolerância definida pelo construtor no início do modelamento?
3. Os sistemas UG informam o usuário quando uma dimensão menor que a tolerância é gerada?
4. Após a construção do modelo, o UG permite alterar a tolerância do modelo?
5. A tolerância do modelo construído no UG é a mesma transferida para o arquivo STEP?
6. O sistema é estável ao trabalhar com dimensões iguais à máxima tolerância do sistema?
7. O que acontece quando a distancia mínima é menor que a tolerância do UG ao importar um arquivo STEP?

Com o objetivo de responder estes questionamentos, os quais fornecerão mais esclarecimentos a respeito dos problemas de troca de dados envolvendo mini elementos, foi estabelecida a metodologia seguinte.

## **3. Metodologia**

Para este teste, foi utilizado o sistema CAD Unigraphics V16.0.1.3. No “Modeling Preferences”, foi atribuído o valor de 0,00001 mm para a variável Distance Tolerance, ou seja, valor máximo que o Unigraphics permite atribuir a esta variável.

Foi construído um bloco sólido de 115 x 50 x 20 mm, e em seguida construído um rasgo passante de 10 mm de largura, 5 mm de profundidade, localizado à 5 mm da origem do bloco (Figura 2 a). Após isto, foi construído um “array” retangular, contendo 10 rasgos, conforme mostra a Figura 2 b.

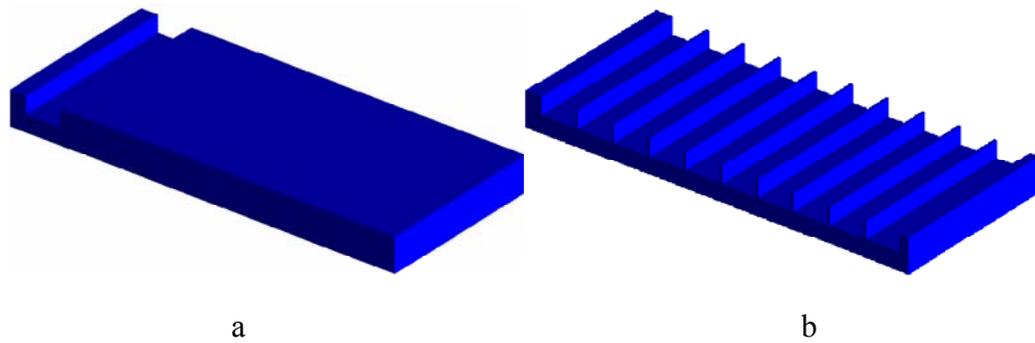


Figura 2 – Modelo utilizado no teste

Como no sistema CAD Unigraphics, a distância a ser utilizada para dar os espaçamentos no array é definida a partir do centro do rasgo (Figura 3), foi utilizada a largura do rasgo (10mm), acrescida de uma distância X entre os rasgos que gera os mini elementos (parede) para os testes. Para verificação da precisão do sistema, foram criados 3 modelos com distância X iguais a 0,5 mm, 0,00002 mm e 0,00001 mm, sendo que todas as paredes foram medidas de forma a comparar o valor definido pelo usuário com o valor gerado pelo sistema CAD.



Figura 3 – Definição das dimensões utilizadas no teste

#### 4. Resultados

De acordo com as análises feitas nos três modelos (Figura 4), através da medição das paredes entre os rasgos (Tabela 1), foi possível conhecer a precisão do sistema UG que nestes testes foi de  $+2.10^{-14}$  à  $-1.10^{-14}$ . Para valores de X iguais ao valor de tolerância máxima aceitável para o sistema ( $1.10^{-5}$ ) Figura 4c e Tabela 1, várias paredes não foram geradas, ou seja, o sistema adota o valor zero para valores menores que 0,00001.

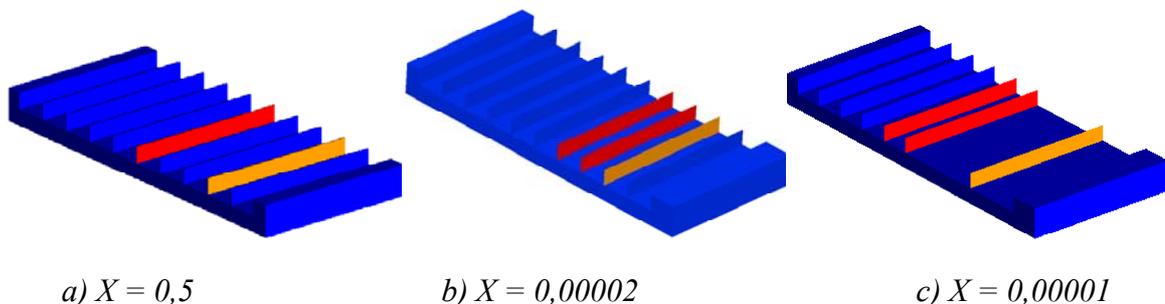


Figura 4 – Resultado dos testes

Distâncias definidas pelo Usuário (Du) mm					
0,5		0,00002		0,00001	
Paredes	Distância gerada pelo Sistema CAD				
1	0,5	0,00002	0,00001		
2	0,5	0,00002	0,00001		
3	0,5	0,00002	0,00001		
4	0,5	0,00002	0,00001	0,00001000000001	
5	0,4999999999999999	0,00002	0,00001000000001		
6	0,5	0,000019999999999	Não foi gerada		
7	0,5	0,000019999999999	Não foi gerada		
8	0,5000000000000001	0,000020000000002	0,00001000000002		
9	0,5	0,00002	Não foi gerada		

Tabela 1 - Resultado das medições

Com relação aos questionamentos, os resultados alcançados foram:

1. A tolerância máxima permitida no Unigraphics é de 1E-5. A tolerância “default” do sistema é 0,0254 mm.
2. Foram feitos 10 testes, com diferentes valores de tolerância e variando a dimensão (X) do modelo, de forma a obter mini elementos menores que a tolerância definida pelo usuário no início da construção. Em todos os testes, foi possível criar os mini elementos menores que a tolerância estipulada pelo usuário.
3. O sistema não avisa o usuário quando uma dimensão menor que a tolerância do modelo é construída.
4. O sistema Unigraphics não permite alterar a tolerância de um modelo já construído. Ele oferece a possibilidade de alterar a tolerância durante o modelamento, sendo que a tolerância da parte construída previamente não se altera.
5. O Unigraphics não transfere a tolerância especificada pelo usuário durante o modelamento para o arquivo STEP. Também não possibilita ao usuário definir um valor de tolerância para a transferência do modelo. A tolerância escrita no arquivo STEP é sempre 0,00002 mm (2,00E-5). Foi verificado durante os testes, um erro na transferência da tolerância para o arquivo STEP, no modelo onde a dimensão da parede (X) era igual a tolerância máxima do sistema (1E-5). O sistema UG transferiu uma tolerância de 0,02 mm para o arquivo STEP.
6. Dos 10 modelos construídos com dimensão (x) igual à tolerância do sistema (1E-5):
  - 6 modelos foram criados com apenas 1 parede (Figura 5 a);
  - 2 modelos não foram possíveis de serem criados, sendo que o sistema informou erro (Impossible to perfore Boolean) (Figura 5 b);
  - 1 Modelo foi criado com 3 paredes (Figura 5 c);
  - 1 Modelo foi criado sem nenhuma parede (Figura 5 d);

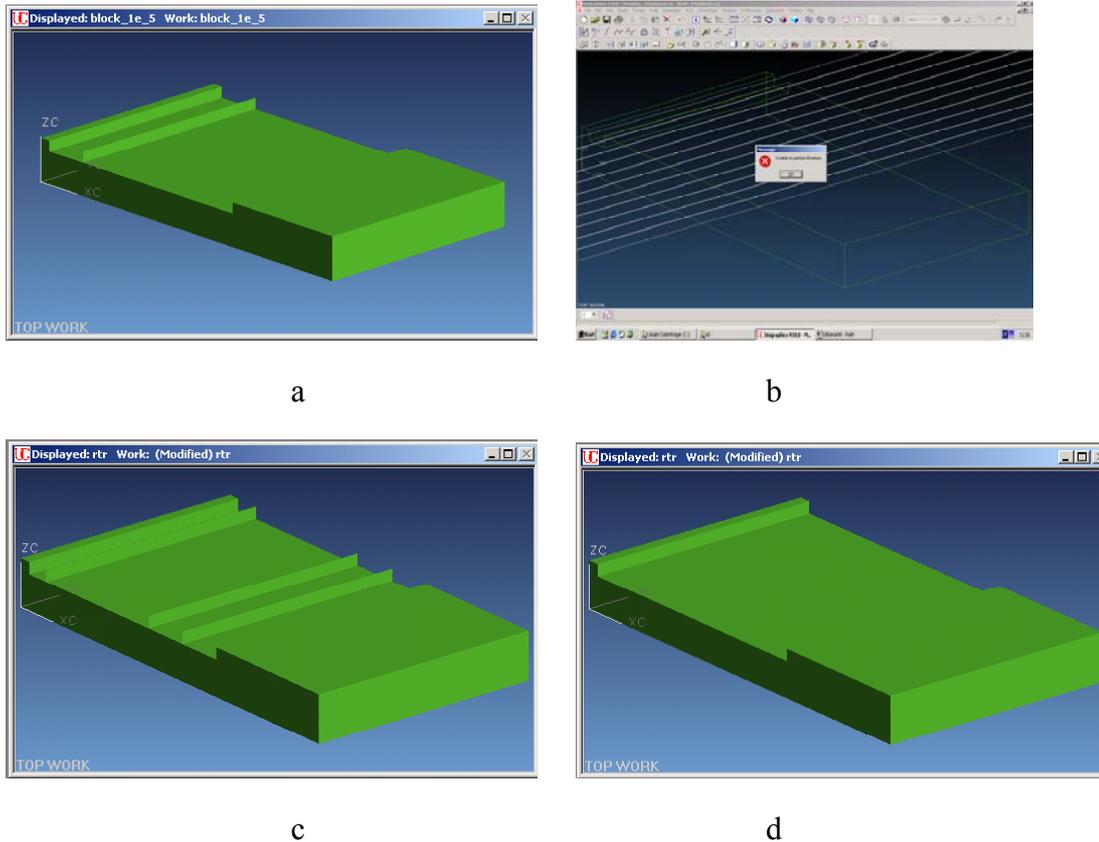


Figura 5 - Testes

7. O sistema UG não consegue processar geometrias menores que a tolerância limite do sistema. Para este teste, foi criado um modelo no sistema AutoCAD com as demissões (X) das paredes, iguais a  $1.10^{-6}$ . O UG não conseguiu processar os “mini edges”, apresentando como motivo, o erro “degenerate edge”. O UG não conseguiu gerar o sólido sem erros.

## 5. Conclusão

O erro de precisão de  $\pm 2.10^{-14}$  apresentado pelo sistema CAD Unigraphics para o setor automobilístico é insignificante uma vez que na prática, os modelos são construídos com uma tolerância de 0,001 mm a 0,01mm sendo também recomendados no manual do UG [6].

Os resultados mostraram que o sistema UG não leva em consideração a tolerância definida pelo usuário na criação de mini elementos, mas sim a tolerância limite do sistema, que é de  $1.10^{-5}$ . Este é um ponto crítico, sendo um dos responsáveis pelos problemas apresentados na troca de dados de modelos para outros sistemas que não possuem a mesma precisão do UG, como é o caso dos sistemas CAD CATIA v4, mais utilizados pelas grandes indústrias automobilísticas.

O sistema UG não informa quando um elemento menor que a tolerância especificada pelo usuário é gerado. Este também é um fator crítico e provoca os mesmos problemas apresentados no parágrafo anterior. No UG, através da função análise é possível localizar os mini elementos. Porém, esta função precisa analisar todas as faces do modelo, o que requer muito tempo. Uma função que analisa apenas as faces modificadas durante as

operações booleanas seria muito mais recomendável, pois além de funcionar como prevenção durante o modelamento, demandaria menor tempo de análise.

O sistema Unigraphics não permite alterar a tolerância de um modelo já construído. Ele oferece a possibilidade de alterar a tolerância durante o modelamento, sendo que a tolerância da parte construída previamente não se altera. Como já verificado e comentado anteriormente, o sistema UG trata os mini elementos tomando como base a tolerância limite do sistema. Desta forma, a alteração da tolerância não afetaria este princípio, que para a troca de dados é muito crítica.

O Unigraphics não transfere a tolerância especificada pelo usuário durante o modelamento para o arquivo STEP. A tolerância escrita no arquivo STEP nos testes foi sempre 0,00002 mm ( $2 \cdot 10^{-5}$ ). Este fato está também relacionado com a forma em que o UG trata os mini elementos os quais tem como parâmetro a tolerância limite do sistema.

O sistema Unigraphics não é estável ao trabalhar na tolerância limite do sistema. Para a definição do modelo a ser escolhido para o teste, foi feita uma amostragem com 10 exemplos. O resultado do teste comprova a instabilidade do sistema, ao manipular geometria com dimensões iguais a tolerância máxima do sistema.

Assim como em outros sistemas, o UG mesmo com os comandos de “healing” não conseguiu processar os “mini edges”, que são menores que a tolerância do sistema, o que acarretou vários problemas na transferência do modelo.

Para evitar problemas de transferência de dados com relação aos mini elementos, seriam necessárias algumas mudanças no sistema UG, sendo a adequação do mini elemento com relação a tolerância fornecida pelo usuário e não a limite do sistema, a mais importante.

## 6. Bibliografia

- [1] KREBS, Tomas; XAVIER, B. *Result of the investigation of the system-specific accuracy handling for optimizing the exchange of geometric data*. Darmstadt, ProSTEP GmbH, aug. 1998.
- [2] FISCHER, T.; MARTIN, H. P.; ENDRES, M.; STJEPANDIC, J.; TRINKHAUS, O.: *Application-Oriented Optimization of neutral CAD data Exchange Focusing on Accuracy and Tolerance (AOCD)*: Subproject 1 – Final Report. Darmstadt, ProSTEP GmbH, set. 2000.
- [3] PDES, Inc. *Geometric accuracy team interim report*. N. Charleston, aug. 1996.
- [4] Hund A.: *Einfluß von Toleranzeinstellungen auf die Übertragungsgüte beim Datenaustausch zwischen heterogenen CAD-Systemen*. Diplomarbeit; FH Darmstadt; 1999
- [5] SCHÜTZER, K.; HENRIQUES, J. R, VETTER B. *Intercâmbio de dados no desenvolvimento do produto*. Engenharia automotiva e aeroespacial. São Paulo, ano 3, n. 11, p. 26-36, 2002.
- [6] Unigraphics v18.0.2.1. *Tolerance Values: Recommended Distance Tolerances*. Documentation. Compact disc. CD.