



DETALHAMENTO AUTOMÁTICO DE LIGAÇÕES DE ESTRUTURA METÁLICA EMPREGANDO-SE O VISUAL BASIC NA PLATAFORMA DO AUTOCAD.

Márcio Augusto Roma Buzar

Leonardo da Silveira Pirillo Inojosa

Adélia Margarida Massimo Ribeiro

buzar@unb.br

leonardo@inojosa.com.br

PPG-FAU, Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília

Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília - CEP 70910-900, DF, Brasil, <http://www.unb.br>

Resumo. *Com a finalidade de integrar as áreas de arquitetura e engenharia, a pesquisa apresenta proposta de inserção do arquiteto na concepção e no lançamento de estruturas de seus projetos. O uso de ferramentas computacionais que possibilitassem lançamentos estruturais, haja vista que a prática de projeto estrutural e o advento do computador têm levado ao surgimento de vários softwares de cálculo e análise estrutural. A modelagem de projetos de arquitetura e de estruturas por meio da computação gráfica permite representações espaciais precisas e facilitam a visualização do todo. Assim, por meio de experimentação do uso de softwares de estruturas, propõe-se que o arquiteto projete estrutura, entendendo-se com isso o pré-dimensionamento e não o cálculo propriamente dito. Dando-se continuidade aos trabalhos anteriores que se empregou a plataforma do software AutoCAD utilizando-se de linguagem de programação VB para o pré-dimensionamento de estruturas metálicas com o lançamento direto de perfis estruturais em aço. Neste trabalho se faz o detalhamento de ligações metálicas. As ligações fazem parte do conjunto de elementos que compõe a estética da construção, principalmente em estruturas aparentes, devendo, portanto, ser concebidas e se possível detalhada pelo arquiteto. Para o detalhamento automático de ligações de estrutura metálica se empregará o Visual Basic na plataforma do AutoCAD, sendo efetuado por meio da elaboração de rotinas de pré-dimensionamento e de desenho de ligações.*

Palavras-chave: *Plataforma CAD, Visual Basic, Ligações Metálicas*

1 INTRODUÇÃO

No século XIX, as figuras de engenheiro e arquiteto foram separadas formalmente. O engenheiro representou, à época, o poder da ciência e a emergência do racionalismo. O arquiteto, em contrapartida, se ateve a elementos estéticos e formais, ligados à tendência neoclássica da arquitetura vigente no século XIX, acentuando o caráter historicista da profissão. A passos lentos a tecnologia foi sendo incorporada pelos arquitetos, uma vez rompido o condicionante histórico. Nestes entremeios, as figuras de arquiteto e engenheiro foram sendo misturadas, dando espaço à ideia de equipe arquiteto/engenheiro. No século XXI, entretanto, a equipe não se vê, via de regra, integrada da forma como deveria, ou poderia. Os arquitetos, não têm tido participação efetiva na concepção estrutural de seu projeto. Parte considerável dessa ocorrência deve-se ao fato de o estudo das estruturas nos cursos de graduação de arquitetura vir sendo limitado a satisfazer os requisitos formais contidos nas ementas das disciplinas de estruturas, ocasionando, geralmente, um distanciamento entre a prática do projeto arquitetônico e o desenvolvimento do projeto estrutural.

Entende-se, em contrapartida, o grau de importância, no âmbito das construções, que a interação entre projeto arquitetônico e projeto estrutural assume. Neste sentido e com o fim de integrar, mesmo que vagarosamente, as áreas de arquitetura e engenharia, a pesquisa apresenta proposta de inserção do arquiteto na concepção e no pré-dimensionamento de estruturas metálicas em seus projetos. A proposta perpassou pela utilização de ferramentaria utilizada largamente no campo da arquitetura: o AutoCAD, software de representação gráfica, que possui uma “estrutura aberta” e possibilita a inserção de rotinas para a criação de ferramentas próprias, por meio da aplicação da linguagem de programação Visual Basic (VB). Assim, pretendeu-se criar rotinas em linguagem VB, para AutoCAD, de inserção de perfis metálicos e, principalmente, de detalhamento automático (pré-dimensionado) e desenho de ligações metálicas.

Definir as ligações dos elementos estruturais é uma das principais etapas no estudo e na elaboração de projetos de estruturas de aço. Além dos aspectos técnicos relacionados a resistência, a qualidade e a segurança, é importante levar em consideração que as ligações, que fazem parte do conjunto de elementos que compõe a estética da construção, representam um importante componente no custo da estrutura. Assim, a padronização e a correta escolha do tipo de ligação são fatores que contribuem significativamente para a redução dos custos de fabricação e montagem das estruturas metálicas. Este artigo se propõe, portanto, a oferecer parâmetros que facilitem a elaboração e o desenho de projetos, desde o cálculo até o detalhamento, embora tais parâmetros vem servir apenas como referência para pré-dimensionamento.

Os principais tipos de ligação metálica são: as flexíveis e as rígidas. Entretanto, dentro das ligações flexíveis, por exemplo, há uma grande gama de possibilidades de ligação: ligações metálicas com cantoneiras (LCPP/LCPS), ligações flexíveis com chapa de extremidade (LCHE), etc. Para rígidas, mais uma vasta lista: ligações rígidas com chapas de cabeça parafusadas assimétricas (LMPA), ligações rígidas soldadas simétricas (LMSS), dentre outras. Neste artigo são pré-dimensionadas e detalhadas ligações metálicas do tipo flexível com cantoneiras: ligação com duas cantoneiras parafusadas nas duas abas (LCPP) e ligação com duas cantoneiras soldadas na viga apoiada e parafusadas no elemento suporte, viga ou pilar (LCSP).

O dimensionamento de ligações metálicas pressupõe a escolha prévia dos perfis adequados aos carregamentos e esforços a que estarão solicitados e o valor da reação entre esses perfis. Fez-se necessário, portanto, que houvesse escolha prévia dos perfis metálicos, daí a necessidade de elaborar rotinas não apenas para o detalhamento automático e o desenho de ligações metálicas, mas para o lançamento de perfis metálicos, viga e pilar.

A ideia de atrelar o detalhamento ao software já mencionado partiu da seguinte questão: os softwares de desenho e representação já são ferramentas largamente utilizadas por arquitetos em seus projetos arquitetônicos. Se o arquiteto já é amparado pelo uso de softwares em seus projetos de arquitetura, por que não estender sua utilização, que permite tal extensão, para concepções e pré-lançamentos estruturais em projetos? Sendo assim, este trabalho tomou por base e visou a dar continuidade ao trabalho: “Ferramentas computacionais para a modelagem estrutural” que propõe, dentre outras coisas, o pré-dimensionamento de estruturas metálicas na plataforma do software AutoCAD utilizando-se da linguagem de programação VB. Enquanto o trabalho citado resumiu-se ao lançamento de perfis estruturais em aço, essa pesquisa teve por finalidade a adequação dos perfis estruturais lançados na pesquisa anterior, o detalhamento automático e o desenho das ligações metálicas estabelecidas entre esses perfis.

O AutoCAD, principal software utilizado atualmente para arquitetura no Brasil, é um software do tipo CAD (computer aided design ou projeto assistido por computador), criado e comercializado pela Autodesk desde 1982. É utilizado principalmente para a elaboração de peças de desenho técnico em duas dimensões e para a criação de modelos tridimensionais. Além dos desenhos técnicos, o software disponibiliza vários recursos para visualização em diversos formatos. Desde 1998, tem a ele integrado o aplicativo Visual Basic for Applications (VBA), que é uma extensão de uma linguagem de programação muito popular, a Visual Basic (VB), como um dos módulos de programação interna. Tal integração permite a criação de rotinas direcionadas e, conseqüentemente, de ferramentas específicas. Essas ferramentas podem criar, alterar e manipular objetos AutoCAD (layers, blocos, grupos, estilos, etc.) descritos pelo AutoCAD Object Model. Neste sentido, foram criadas rotinas, manipulando e alterando objetos AutoCAD, de modo a criar ferramentas de inserção de perfis metálicos e de pré-lançamento estrutural e desenho de ligações metálicas.

O lançamento de perfis metálicos, aqui definidos como do tipo W, e o detalhamento automático (pré-dimensionado) e o desenho de ligações de estrutura metálica empregaram, conforme já mencionado, o VB na plataforma do AutoCAD. Assim, o aplicativo VBA foi porta de entrada do AutoCAD visando programá-lo para a elaboração e o pré-lançamento de projetos estruturais, fazendo com que o arquiteto, ou mesmo o estudante, familiarize-se com os processos de lançamento estrutural.

2 MÉTODO

O processo metodológico iniciou-se pelo levantamento e análise de referências bibliográficas existentes sobre o uso de estruturas e ligações metálicas e as normas que as envolvem, tais como no “Guia Prático para Estruturas com Perfis laminados” (Gerda Acominas, 2004), que trata especificamente de ligações para estruturas de aço e sua tabela de bitolas, isto é, a tabela de perfis W.

Definidos os parâmetros que deveriam ser o foco das rotinas elaboradas em Linguagem VB, partiu-se para os estudos efetivos sobre Linguagem e Lógica de Programação, em Guimarães (1994) e Egypto (1998).

Sequencialmente, partiu-se para o estudo preliminar da Linguagem de Programação Visual Basic (VB) e de sua aplicabilidade para AutoCAD, por meio do Visual Basic for Applications (VBA), conforme Gómez (2004), Morgado (2004) e Omura (2005).

Tal pesquisa evoluiu posteriormente para os estudos, em separado, dos softwares Microsoft Visual Basic 6.0 em em Petta (2003) e AutoCAD, versões 2004, 2006 e 2008.

Estudados os softwares, fez-se o estudo da interface dos aplicativos de ambos e realizaram-se as primeiras ferramentas para o AutoCAD empregando-se o VBA. Tal prática possibilitou a aproximação dos resultados finais da pesquisa, que, a partir deste momento, puderam ser desenvolvidos.

Para os resultados finais, passou-se pelo aproveitamento e pela adequação de formulários e rotinas preexistentes em VBA para AutoCAD de lançamento e pré-dimensionamento de estruturas metálicas, viga e pilar metálicos, ambos de perfil W, chegando-se, finalmente, ao desenvolvimento e à construção de formulários e rotinas, também em VBA na plataforma AutoCAD, para o detalhamento automático (pré-dimensionado) e o desenho técnico de ligações metálicas estabelecidas entre os perfis metálicos W lançados anteriormente.

Para fins de melhor entendimento dos resultados finais obtidos, seguem abaixo os detalhamentos de alguns passos da metodologia utilizada.

2.1 Levantamento e estudo de referências bibliográficas existentes sobre o uso de estruturas e ligações metálicas e as normas que as envolvem.

As Normas, utilizadas no “Guia Prático para estruturas com Perfis Laminados” da GERDAU AÇOMINAS e adotadas para a pesquisa foram:

- Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 8800 “Projeto e Execução de Estruturas de Aço de Edifícios” Método dos Estados Limites 1986.
- American Institute of Steel Construction “Load & Resistance Factor Design” – Volumes 1 e 2 – Segunda Edição
- American Welding Society – AWS D1.1. “Structural Welding Code” 1996
- American Society for Testing and Materials – High Strength Bolts for Structural Steel Joints ASTM A 325

Os perfis laminados metálicos utilizados no guia e adotados neste trabalho são os perfis do tipo W. Para esses perfis, a GERDAU AÇOMINAS possui uma tabela que relaciona 51 perfis W com suas respectivas propriedades. Dentre essas propriedades, as que aqui interessam são: altura (mm), base (mm), espessura da alma (mm), espessura da mesa (mm), área (cm²), massa (kg/m), momento de inércia J_x (cm⁴), módulo de resistência W_x (cm³), raio de giração i_x (cm), momento de inércia J_y (cm⁴), módulo de resistência W_y (cm³) e raio de giração i_y (cm).

Uma vez estabelecidos os perfis e suas propriedades, esses sendo os perfis metálicos usados para vigas e pilares, partiu-se para o estudo de detalhamento das ligações metálicas estabelecidas entre esses perfis W. Seguem abaixo as considerações do guia.

2.1.1 Considerações gerais

As ligações metálicas aqui tratadas, conforme já mencionado, são as do tipo flexível com cantoneiras. O manual prevê dois tipos de ligações flexíveis com cantoneiras:

- Ligação com duas cantoneiras parafusadas nas duas abas LCPP Fig. 1 (a)
- Ligação com duas cantoneiras soldadas na viga apoiada e parafusadas no elemento suporte, viga ou pilar LCSP Fig. 2 (b)

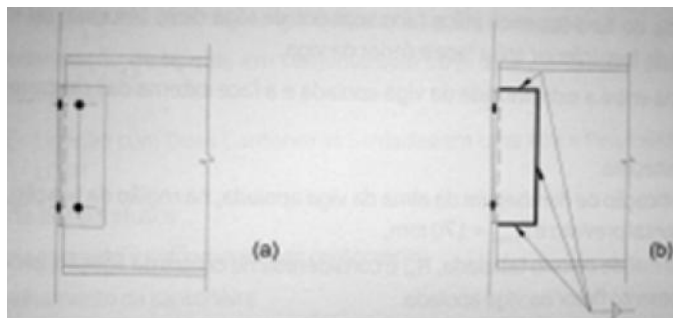


Figura 1. Ligações Flexíveis com Cantoneiras

2.1.2 Disposições construtivas

Para os dois tipos de ligações mencionados, consideram-se as seguintes situações:

- Viga sem recorte, Fig. 2 (a)
- Viga com um recorte na aba superior Fig. 2 (b)
- Viga com dois recortes Fig. 2 (c)

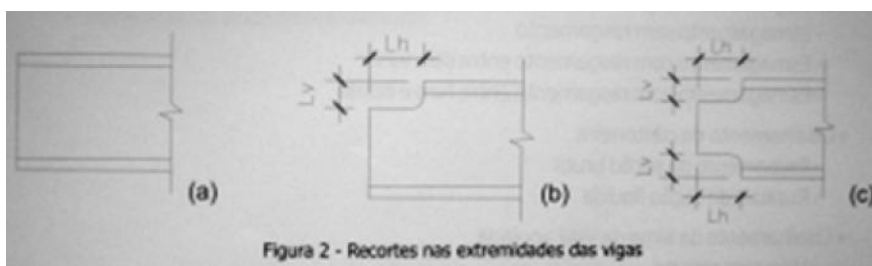


Figura 2. Recorte nas extremidades das vigas

Para o perfil W150, a ligação é centrada na viga apoiada, com espaçamento de 60mm entre os parafusos e distância de 25mm do furo à borda da cantoneira. Para o perfil W200, a ligação também é centrada na viga apoiada, com espaçamento de 75mm entre os parafusos e distância de 30mm do furo à borda da cantoneira. Para os demais perfis (W250 a W610), a distância da face superior da viga apoiada até o primeiro furo é de 75mm, o espaçamento entre furos é de 75mm e a distância do furo à borda da cantoneira é de 40mm.

Para o perfil W150 foram utilizados parafusos de 16mm (5/8") e cantoneiras L76x76x6,4; para os perfis W200, W250, W310, W360, W410 e W460 foram utilizados parafusos de 19mm (3/4") e cantoneiras L76x76x6,4; para os perfis W530 e W610 foram utilizados parafusos de 22mm (7/8") e cantoneiras L102x102x8,0.

A quantidade de parafusos utilizada para cada tipo de perfil foi definida em função da altura da seção, considerando-se que:

- O comprimento da cantoneira deve ser igual ou superior à metade da altura da seção.
- A distância do furo superior até a face superior da viga deve ser igual ou inferior à distância do furo inferior até a face inferior da viga.

- A distância entre a extremidade da viga apoiada e a face externa das cantoneiras é de 10mm.

2.1.3 Limitações

Para a verificação de flambagem da alma da viga apoiada, na região da ligação, o maior recorte horizontal previsto é $L_h(\max) = 170\text{mm}$.

A força normal de cálculo tabelada, N_d , é considerada no centro da ligação, produzindo, portanto, momento fletor na viga apoiada.

Para efeito de simplificação, a força normal de cálculo, N_d , foi considerada nula.

2.1.4 Verificações de cálculo.

Ligação com duas cantoneiras parafusadas nas duas abas (LCPP).

- Corte nos parafusos
- Esmagamento e rasgamento nas cantoneiras
 - Esmagamento sem rasgamento
 - Esmagamento com rasgamento entre dois furos
 - Esmagamento com rasgamento entre furo e borda
- Esmagamento e rasgamento na alma da viga apoiada
 - Esmagamento sem rasgamento
 - Esmagamento com rasgamento entre dois furos
 - Esmagamento com rasgamento entre furo e borda
- Cisalhamento da cantoneira
 - Escoamento da seção bruta
 - Ruptura da seção líquida
- Cisalhamento da alma da viga apoiada
 - Viga sem recorte
 - Escoamento da seção bruta
 - Ruptura da seção líquida
 - Viga com um recorte
 - Escoamento da seção bruta
 - Ruptura da seção líquida
 - Viga com dois recortes
 - Escoamento da seção bruta
 - Ruptura da seção líquida
- Colapso por rasgamento das cantoneiras (block shear)

- Colapso por rasgamento da alma da viga apoiada (block shear)
- Início de escoamento da seção bruta devido à tensão normal de flexão no Perfil recortado
- Flambagem local da alma da viga apoiada na região do recorte

Ligação com duas cantoneiras soldadas em uma aba e parafusadas na outra (LCSP).

- Corte dos parafusos
- Esmagamento e rasgamento nas cantoneiras
- Cisalhamento da cantoneira
- Cisalhamento da alma da viga apoiada
- Colapso por rasgamento das cantoneiras (block shear)
- Colapso por rasgamento da alma da viga apoiada (block shear)
- Início de escoamento da seção bruta devido à tensão normal de flexão no Perfil recortado
- Flambagem local da alma da viga apoiada na região do recorte
- Verificação da solda das cantoneiras.

2.1.5 Detalhamento por análise de valores tabelados

A verificação de cálculo e as recomendações acima descritas foram extraídas do catálogo da GERDAU AÇOMINAS, desenvolvido com a finalidade de viabilizar a proposta de construção de um guia prático, com utilização de tabelas simplificadas. Assim, as verificações permitiram que o “Guia prático para estruturas com perfis laminados” contivesse os tipos de ligação mais usados no mercado e fosse elaborado de tal forma que, ao usuário que saiba quais os perfis utilizados, qual a reação estabelecida entre esses perfis e qual o tipo de ligação metálica que deseja detalhar (LCPP ou LCSP), seria algo simples e rápido detalhar a ligação estabelecida entre os perfis, bastando para tanto que o usuário fizesse apenas dois cálculos simples, consultasse uma tabela e comparasse valores. Abaixo, os passos que o usuário deve seguir.

Os dois cálculos que o usuário deve fazer são os descritos nas fórmulas 1 e 2:

$$Lh = \left(\frac{bf}{2}\right) + 10 - \left(\frac{tw}{2}\right) - 10 \quad (1)$$

$$Lv = tf + 10 \quad (2)$$

Onde:

Lh= recorte horizontal

tw = espessura da alma do perfil de apoio

Lv= recorte vertical

tf = espessura da mesa do perfil de apoio

bf = base do perfil de apoio



Calculados os valores de L_h e L_v , o usuário deve procurar a tabela que contém o perfil apoiado da ligação, tabela essa que pode ser referente à ligação flexível com duas cantoneiras parafusadas nas duas abas (LCPP) ou à ligação com duas cantoneiras soldadas na viga apoiada e parafusadas no elemento suporte (LCSP).

Localizada a tabela, o usuário deve começar a comparar valores de L_h , L_v , caso existam, da reação vertical de cálculo e verificar se os valores de que dispõe são menores ou iguais aos valores tabelados. Se forem maiores, a ligação, com os perfis de que dispõe o usuário, não poderá ser detalhada, sugerindo-se a mudança para perfis de maiores dimensões.

2.1.5.1 *Exemplo de como o usuário chega ao detalhamento de sua ligação LCPP.*

Deve-se determinar a ligação LCPP que deverá ser utilizada, para uma viga W360x51,0, cuja reação vertical de cálculo é de 202kN. A viga não está sujeita a esforços de tração ou compressão (ou seja, $N_d=0$) e apoia-se em outra viga W530x92,0. Tem-se 1 recorte superior na viga apoiada.

Do enunciado tira-se:

Valor da reação vertical: 202kN

Perfil apoiado: W360x51,0

Perfil de apoio: W530x92,0

Dimensões do W530x92,0: $b_f=209\text{mm}$; $t_f=15,6\text{mm}$; $t_w=10,2\text{mm}$

$L_h = ((209/2) + 10 - (10,2/2) - 10) = 99,4\text{mm}$

$L_v = 15,6 + 10 = 25,6\text{mm}$

Procura-se a tabela LCPP (Tabela 1) que contenha o perfil apoiado W360x51,0. Para 1 recorte, olha-se a segunda coluna. Como L_h é 99,4mm, olha-se a segunda sub-coluna, dentro da coluna de 1 recorte, referente ao valor para $L_h(\text{Max})$ 130. Inicia-se a conferência de valores:

$L_v(\text{Max})$ tabelado = 30mm > $L_v = 25,6\text{mm}$. OK!

$L_h(\text{Max})$ tabelado = 130mm > $L_h = 99,4\text{mm}$. OK!

Reação, com $N_d = 0$, para $L_h(\text{Max})$ 130mm = 257kN > 202kN OK!

Uma vez que os valores tenham sido conferidos e tenham se adequados aos valores tabelados, o detalhamento da ligação metálica LCPP já pode ser efetuado. Na própria tabela aparecem os valores de detalhamento, a saber:

Cantoneira (mm): L76x76x6,4x230

Número de parafusos: 6 de 19mm ($\frac{3}{4}$ "

Distância vertical do eixo do primeiro parafuso à extremidade superior do perfil (mm): 75

Distância horizontal do eixo do primeiro parafuso à extremidade da alma do perfil (mm): 45

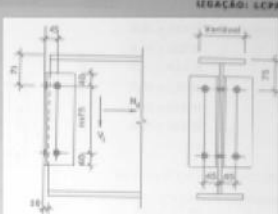
Distância do eixo do primeiro furo à borda da cantoneira (mm): 40

Número de espaçamentos entre parafusos (n): 2

Espaçamento entre parafusos (mm): 75

Com estas informações, desenha-se o perfil apoiado em vistas, conforme mostrado na tabela, e desenham-se os demais elementos, com as informações detalhadas.

Tabela 1. LCPP para perfil W360x51,0



PERFIS:
W 360 x 32,9
W 360 x 39,0
W 360 x 48,0
W 360 x 51,0
W 360 x 57,8
W 360 x 64,0
W 360 x 71,0
W 360 x 79,0

CANTONEIRA:
1,76 x 76 x 6,5 x 230

PARAFUSOS:
3 x 3/4" A 325N
1,0 x 1,2 x 1,1

NOTAS:
1 - Dimensões em mm.
2 - Os valores tabulados são referentes às condições de cálculo sem esforços de tração ou compressão.
3 - Verificar dimensões conforme o elemento suportado.
4 - As vigas devem ser verificadas à fadiga sob as condições de carregamento em relação ao tipo de ligação.

LCPP 30-B LCPP 11-B LCPP 32-B

NOTAS:
1 - Dimensões em mm.
2 - Os valores tabulados são referentes às condições de cálculo sem esforços de tração ou compressão.
3 - Verificar dimensões conforme o elemento suportado.
4 - As vigas devem ser verificadas à fadiga sob as condições de carregamento em relação ao tipo de ligação.

V_u (kN)

n	Perfil	P _u (kN)	Sem recortes		L _u (max)		L _u (max)	
			80	170	80	170		
2	W 360 x 32,9	0	267	107	207	162	107	179
		50	133	-	-	-	-	-
2	W 360 x 39,0	0	300	132	232	232	132	206
		50	150	-	-	-	-	-
2	W 360 x 44,0	0	118	247	247	247	247	217
		57	150	-	-	-	-	-
2	W 360 x 51,0	0	132	257	257	257	257	232
		64	144	-	-	-	-	-
2	W 360 x 57,8	0	364	282	282	282	282	250
		53	182	-	-	-	-	-
2	W 360 x 64,0	0	350	273	273	273	273	234
		54	177	-	-	-	-	-
2	W 360 x 72,0	0	368	307	307	307	307	267
		53	194	-	-	-	-	-
2	W 360 x 79,0	0	368	336	336	336	336	308
		53	184	-	-	-	-	-

Ligação para Estruturas de Aço

2.1.5.2 Exemplo de como o usuário chega ao detalhamento de sua ligação LCSP.

Deve-se determinar a ligação LCSP que deverá ser utilizada, para uma viga W360x39,0, cuja reação vertical de cálculo é de 245kN. A viga não está sujeita a esforços de tração ou compressão (ou seja, $N_d=0$) e apoia-se em outra viga W360x39,0. Tem-se, como a viga apoiada apoia-se em uma viga de mesma altura, 2 recortes na viga apoiada.

Do enunciado tira-se:

Valor da reação vertical: 245kN

Perfil apoiado: W360x39,0

Perfil de apoio: W360x39,0

Dimensões do W360x39,0: $b_f=128\text{mm}$; $t_f=10,7\text{mm}$; $t_w=6,5\text{mm}$

$L_h = ((128/2) + 10 - (6,5/2) - 10) = 60,75\text{mm}$

$L_v = 10,7 + 10 = 20,7\text{mm}$

Procura-se a tabela LCSP (Tabela 2) que contenha o perfil apoiado W360x39,0. Para 2 recortes, olha-se a última coluna. Como L_h é 60,75mm, olha-se a primeira sub-coluna, dentro da coluna de 2 recortes, referente ao valor para $L_h(\text{Max})$ 80. Inicia-se a conferência de valores:

$L_v(\text{Max})$ tabelado = 30mm > $L_v = 20,7\text{mm}$. OK!

$L_h(\text{Max})$ tabelado = 80mm > $L_h = 60,75\text{mm}$. OK!

Reação, com $N_d = 0$, para $L_h(\text{Max})$ 80mm = 320kN > 245kN OK!

Uma vez que os valores tenham sido conferidos e tenham se adequado aos valores tabelados, o detalhamento da ligação metálica LCPP já pode ser efetuado. Na própria tabela aparecem os valores de detalhamento, a saber:

Cantoneira (mm): L76x76x6,4x230

Número de parafusos: 6 de 19mm ($\frac{3}{4}$ "

Distância vertical do eixo do primeiro parafuso à extremidade superior do perfil (mm): 75

Distância horizontal do eixo do primeiro parafuso à extremidade da alma do perfil (mm): 45

Distância do eixo do primeiro furo à borda da cantoneira (mm): 40

Número de espaçamentos entre parafusos (n): 2

Espaçamento entre parafusos (mm): 75

Espessura de solda (mm): 5mm

Com estas informações, desenha-se o perfil apoiado em vistas, conforme mostrado na tabela, e desenham-se os demais elementos, com as informações detalhadas.

Tabela 2. LCSP para perfil W360x39,0.

LIGAÇÃO: LCSP

PERFIS:

W 360 x 32,9

W 360 x 39,0

W 360 x 44,0

W 360 x 51,0

W 360 x 57,8

W 360 x 64,0

W 360 x 72,0

W 360 x 79,0

CANTONEIRA:

L 76 x 76 x 6,4 x 230

PARAFUSOS:

6 de 19mm (3/4"

NOTAS:

- 1 - Dimensões em mm.
- 2 - Os valores tabelados são referentes às resistências de cálculo das ligadas, conforme ABNT NBR 8800.
- 3 - Verificar dimensionalmente o elemento suportado.
- 4 - As ligadas devem ser verificadas (fatoração) caso considerarem o alongamento e o recorte na região da ligação.

LCSP 30-B LCSP 31-B LCSP 32-B

			N _d (kN)					
			L _v (mm) = 30 mm					
			L _h (mm) = 80 mm					
			L _c (mm) = 100 mm					
n	Perfil	N _d (kN)	Sem recortes					
			80	130	170	210	250	
2	W 360 x 32,9	0	368	344	289	162	278	179
		53	184	-	-	-	-	-
	W 360 x 39,0	0	368	368	316	249	177	406
		53	184	-	-	-	-	-
	W 360 x 44,0	0	368	368	316	286	338	217
		53	184	-	-	-	-	-
	W 360 x 51,0	0	368	368	316	331	360	232
		53	184	-	-	-	-	-
	W 360 x 57,8	0	368	368	316	368	368	259
		53	184	-	-	-	-	-
	W 360 x 64,0	0	368	368	316	383	384	234
		53	184	-	-	-	-	-
	W 360 x 72,0	0	368	368	316	368	368	167
		53	184	-	-	-	-	-
	W 360 x 79,0	0	368	368	316	368	368	300
		53	184	-	-	-	-	-

51

União para Estruturas de Aço

2.2 Aplicabilidade da Linguagem de Programação Visual Basic (VB) para AutoCAD, por meio do Visual Basic for Applications (VBA)

O Visual Basic é uma linguagem de programação lançada pela empresa Microsoft, utilizada no Sistema Operacional Windows. O Visual Basic chegou ao mercado em 1991, em sua versão Visual Basic 1 (VB1). “(...) Apesar da falta de ferramentas para o desenvolvimento empresarial e sua reputação de “linguagem inferior”, em grande parte por conter o nome Basic, teve grande sucesso devido à sua característica de facilitar a programação de um ambiente gráfico complexo como o Windows, evitando a chamada de DLLs e a linguagem C, e ser uma forma rápida de se construir eficientes protótipos de softwares comerciais” (MORGADO, 2004).

O VB é uma linguagem orientada a objetos, trabalhando com dois objetos: os formulários, esses responsáveis pela interface gráfica, e os itens que ficam dentro dos formulários, os controles (botões, caixas de texto, figuras), que constroem aplicações. Aos objetos são aplicados eventos, que são ações do usuário, como o clique em um botão e, uma vez que os eventos são detectados pelo sistema, os objetos podem ser programados para reagirem a eles, dando origem às ações, também chamadas, na programação, de métodos. Cabe ao programador decidir qual evento ativará determinado método. Ainda, cada um dos objetos, no VB, caracteriza-se por uma lista de propriedades, as quais determinam sua forma, sua cor, seu tamanho, etc.

O Visual Basic for Applications (VBA), por sua vez, abre muitas possibilidades para melhoria de alguns softwares, personalizando-os de acordo com as necessidades do usuário. Com o VBA é possível criar e adaptar caixas de diálogo, efetuar operações matemáticas complexas, inclusive envolvendo parâmetros geométricos dos objetos, como no caso da aplicação em AutoCAD, manipular objetos, abrir arquivos, escrever ou ler informações nesses e fechá-los, etc.

O VBA, por ser dependente do VB, sendo uma aplicação da própria linguagem, oferece a grande maioria dos elementos usados no Visual Basic. Os controles são os mesmos, o núcleo da linguagem permanece basicamente idêntico e a integração de objetos, idem. No caso do AutoCAD, os controles interagem com objetos descritos pelo AutoCAD Object Model, o que resulta em aplicativos próprios, desenhos próprios de interface, etc. Assim, a despeito de o VBA adotar os controles do VB, de a programação seguir a mesma linha, com o mesmo tipo de linguagem, há mudanças, no VBA, quanto à maneira de programar os métodos relacionados ao software hospedeiro, à sua aparência e às suas funções, de acordo com o aplicativo que o hospeda.

A diferença que mais interessa aqui entre o VB e o VBA é que os “programas VBA e o seu ambiente de desenvolvimento rodam integrados ao aplicativo hospedeiro. Programas VB são compilados e executados no seu próprio ambiente, independentemente do ambiente hospedeiro” (GÓMEZ, 2004). Os cinco formulários produzidos nesta pesquisa, assim como todos os códigos de programação, foram montados dentro do ambiente VBA, sendo o programa rodado dentro do AutoCAD.

3 RESULTADOS

Os resultados, cinco formulários com códigos respectivos na linguagem VB, serão detalhados abaixo. Os formulários fazem parte de um mesmo projeto, intitulado de “PIBIC2008”, o qual será rodado diretamente no hospedeiro AutoCAD.

A fim de carregar o programa VBA dentro do AutoCAD, portanto, deve-se ir à opção Tools > Macro > Load Project e selecionar o projeto. Para que o projeto abra, uma vez que tenha sido carregado (Load), deve-se ir à opção Tools > Macro > Macros > Run. Entretanto, para carregar um macro e rodá-lo dentro do AutoCAD, há necessidade de elaboração de uma rotina específica, responsável pela criação do macro. Logo, ainda no ambiente de programação do VBA, inseriu-se um módulo (Insert > Module) e, em seguida, um procedimento (Insert > Procedure). No procedimento, inseriu-se a rotina para que o macro fosse carregado.

Acionado o projeto, o usuário tem acesso ao primeiro formulário, o formulário de introdução. A partir dele, poderá dirigir-se a quaisquer dos outros formulários. Esses foram montados de forma a serem autoexplicativos, bastando que o usuário siga o que lhe é pedido, o que é respaldado pela simples interface fornecida pela linguagem.

3.1 Formulários

3.1.1 Formulário de Introdução e rotina a ele associada.

O formulário de introdução informa ao usuário acerca de algumas peculiaridades do projeto, bem como da importância das ligações em estruturas metálicas e de seu correto dimensionamento. Tal formulário dá acesso aos formulários de referências bibliográficas, ao de inserção de pilar metálico e ao de detalhamento de ligações metálicas. Com um clique simples em quaisquer dos botões de comando autoexplicativos, o formulário de introdução é fechado, dando lugar ao formulário a que o botão acionado está relacionado.

3.1.2 Formulários para inserção de Pilar Metálico (perfil W) e de Viga Metálica (perfil W) e rotinas a eles associadas.

O formulário para inserção de pilar metálico (Fig. 3) conta com os botões de comando “Ok”, “Cancelar”, “Escolher Viga Metálica” e “Detalhar Ligação”. Os dois últimos botões funcionam de maneira análoga aos botões do formulário de introdução, isto é, com seu clique, descarregam da memória o formulário de pilar metálico e carregam o formulário associado ao botão clicado. O botão cancelar encerra o programa.

O botão “Ok”, por sua vez, pressupõe que o usuário tenha escolhido um perfil W para o pilar metálico, decidido se a posição da base do perfil será desenhada tal que a base esteja na horizontal ou na vertical e escolhido um ponto de inserção do pilar dentro do AutoCAD, pois o botão “Ok” ativa todos os comandos de desenho.



Figura 3. Formulário para inserção de Pilar Metálico.

A escolha do perfil (Fig. 4), primeiro passo que o usuário deve seguir para inserir um pilar metálico, dá-se a partir de um comboBox (controle que combina as características de uma caixa de texto a uma lista de opções, podendo-se, portanto, digitar ou selecionar uma informação nesse controle). No controle em questão constam 51 perfis W. Os perfis W são os perfis metálicos mais indicados para pilares, por possuírem dimensões de base grandes (região onde o pilar é mais requisitado para responder aos esforços de compressão). Eles variam geralmente com a altura, sendo que todos os seus nomes, dimensões e propriedades geométricas e físicas vêm tabelados.

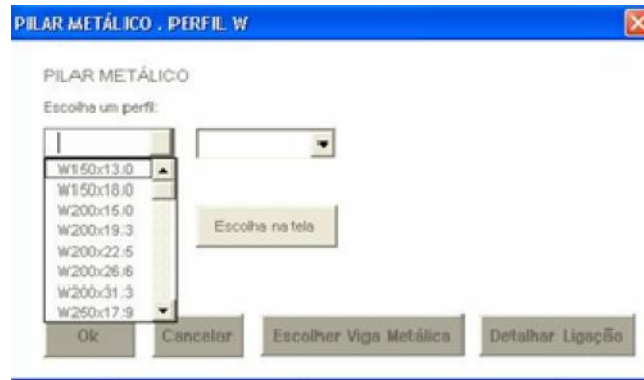


Figura 4. Formulário Pilar Metálico. Escolha do perfil W.

A escolha da posição do pilar também se dá a partir de um controle comboBox, sendo que as informações carregadas “base na horizontal” e “base na vertical” são submetidas à escolha do usuário.

Para a escolha do ponto de inserção do pilar, o programa oferece ao usuário a opção de inserção dos valores de x e de y do ponto inicial ou de sua escolha, dentro da tela do AutoCAD, bastando para isso que o usuário clique no botão de comando “escolha na tela”.

Uma vez que tenha preenchido tudo, portanto, o usuário deve clicar no botão de comando “Ok”, responsável pela habilitação do desenho, que faz com que o programa crie os layers, ou camadas de desenho, “Pilar”, “Nome_Perfil” e “Perfil”, desenha as linhas que formam o perfil W do pilar e escreva textos com seu nome e com o nome do perfil W selecionado. Duas caixas de diálogo são abertas, a primeira pede ao usuário que informe o nome do pilar, que será inserido como texto no AutoCAD (Fig. 5), e a segunda dá ao usuário informações sobre as principais propriedades do perfil selecionado (Fig. 6).

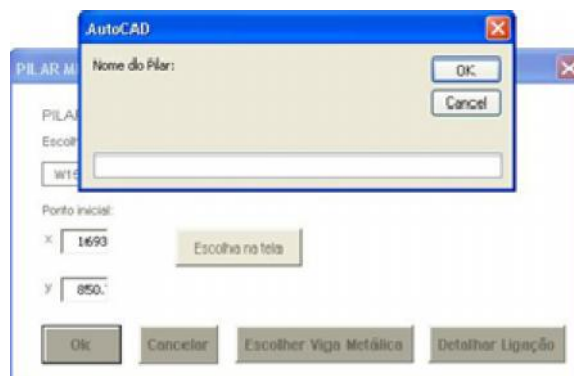


Figura 5. Formulário Pilar Metálico. O programa pede o nome do pilar para inseri-lo como texto no AutoCAD.

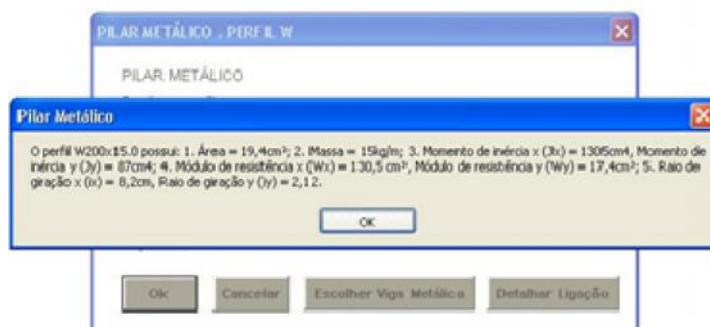


Figura 6. Formulário Pilar Metálico. Propriedades do perfil W selecionado.

A ideia básica do programa consiste na leitura de dados de um arquivo de texto, em que foram inseridas, em 13 colunas, as propriedades de cada perfil: nome do perfil, altura (mm), base (mm), espessura da alma (mm), espessura da mesa (mm), área (cm²), massa (kg/m), momento de inércia I_x (cm⁴), módulo de resistência W_x (cm³), raio de giração i_x (cm), momento de inércia I_y (cm⁴), módulo de resistência W_y (cm³) e raio de giração i_y (cm).

Quando o botão “Ok” é pressionado, o programa busca as informações sobre o perfil escolhido, que corresponde a uma linha inteira do arquivo, no arquivo E:\Pibic\definitivo\PerfisW.txt (Fig. 9). A cada uma das 51 linhas do arquivo de texto, cada qual referente a um dos 51 perfis W, corresponde uma linha de escolha no comboBox, sendo que a leitura da linha correspondente no arquivo de texto.

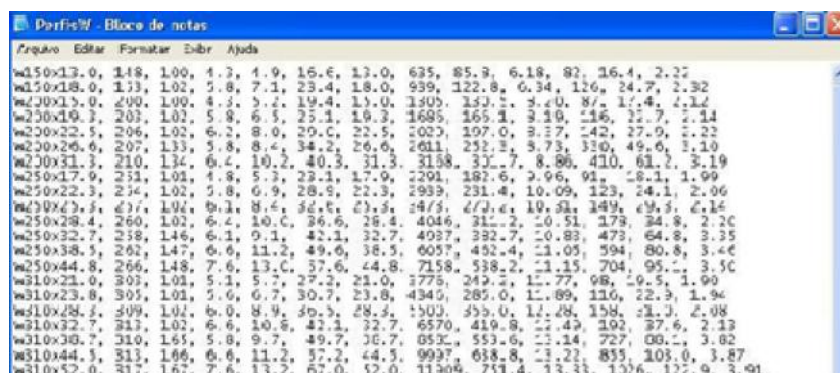


Figura 7. Arquivo de texto, com alguns dos perfis, que será utilizado pelo programa para reconhecer as propriedades dos perfis W.

Por fim, de posse das propriedades do perfil escolhido, o desenho automático (Fig. 8) é efetuado.

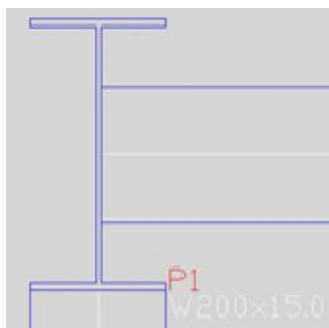


Figura 8. Pilar Metálico perfil W inserido em projeto de arquitetura.

O formulário para inserção de viga metálica e sua rotina funcionam de maneira análoga ao visto no formulário visto anteriormente.

A escolha do perfil (Fig. 9) e a escolha da posição da viga ocorrem de forma semelhante ao formulário de pilar. Para a escolha dos pontos de inserção da viga, o programa, diferentemente do formulário de pilar, pede um ponto inicial e um ponto final, que irão direcionar a linha do eixo central da viga.

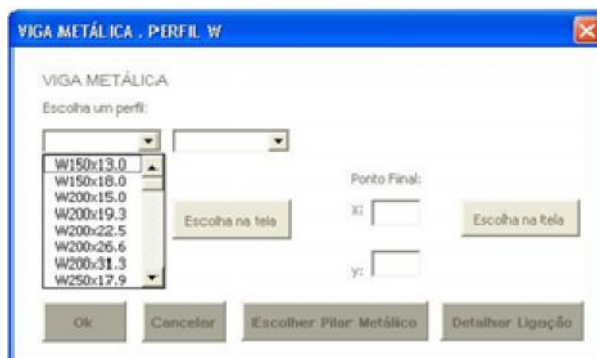


Figura 9. Formulário Viga Metálica. Escolha do perfil W.

Conforme a rotina de inserção e pilares, ao final dessa rotina duas caixas de diálogo são abertas: a primeira pede ao usuário que informe o nome da viga e a segunda dá ao usuário informações sobre as principais propriedades do perfil selecionado (Fig. 10).



Figura 10. Formulário Viga Metálica. Propriedades do perfil W selecionado.

Quando o botão “Ok” é pressionado, o programa busca as informações sobre o perfil escolhido, que corresponde a uma linha inteira do arquivo, no mesmo arquivo E:\Pibic\definitivo\PerfisW.txt (Fig. 7). Da mesma forma, a cada uma das 51 linhas do arquivo de texto, cada qual referente a um dos 51 perfis W, corresponde uma linha de escolha no comboBox, e a linha lida no arquivo de texto corresponde ao perfil escolhido pelo usuário.

Por fim, de posse das propriedades do perfil escolhido, o desenho automático (Fig. 11) é efetuado.



Figura 11. Viga Metálica perfil W inserida em projeto de arquitetura.

3.1.3 Formulário de Detalhamento e Desenho de Ligações Metálicas e rotina a ele associada.

O formulário de Ligações Metálicas (Fig. 12) conta com os botões de comando “Verificar e Desenhar Ligação”, “Resetar”, “Voltar para Introdução” e “Sair”. O primeiro deles faz vezes do botão “Ok” dos demais formulários. A diferença entre eles é que o botão “Ok” apenas ativa o desenho dos perfis, enquanto o botão “Verificar e Desenhar Ligação” responsabiliza-se pela verificação da ligação metálica e por seu desenho, sendo que o desenho só é efetivado no caso de a verificação ter sido feita e tê-lo aprovado. O botão “Voltar para Introdução” tem o mesmo funcionamento do botão “Escolher Viga Metálica”, por exemplo, que descarrega o formulário da memória e carrega o outro que está atrelado ao botão clicado. O botão “Sair” assemelha-se ao botão “Cancelar” dos demais formulários. O botão “Resetar” limpa as informações já inseridas no formulário.

O botão “Verificar e Desenhar Ligação” pressupõe que o usuário tenha: escolhido um perfil W para a viga metálica apoiada, escolhido o ponto de inserção da ligação metálica dentro do AutoCAD, marcado se o elemento de apoio é pilar ou viga, escolhido um perfil W para o elemento de apoio, entrado com o valor da reação vertical de cálculo, marcado se a ligação é do tipo LCPP ou LCSP e marcado, dentro das duas últimas opções, se a viga apoiada não tem recortes, tem 1 recorte ou tem 2 recortes, uma vez que o botão “Verificar e Desenhar Ligação” faz a verificação da ligação e ativa todos os comandos de desenho.

Figura 12. Formulário de Ligações Metálicas.

As escolhas dos perfis de apoio e apoiado ocorrem de forma semelhante ao formulário de pilar. A escolha do ponto de inserção da ligação metálica também ocorre de forma análoga ao formulário de pilar: o programa oferece ao usuário a opção de inserção dos valores de x e de y do ponto inicial ou de sua escolha, dentro da tela do AutoCAD, bastando para isso o clique no botão de comando “escolha na tela”.

Para entrar com o valor da reação vertical de cálculo, o usuário digita o valor, dado em kN, dentro de um TextBox (controle utilizado, basicamente, para receber a entrada de dados do usuário), que é lido posteriormente pelo programa. A marcação do tipo de ligação, LCPP ou LCSP determina um arquivo de texto que será lido, e a marcação posterior de uma dentre as opções “viga sem recorte”, “viga com um recorte na aba superior” e “viga com dois recortes” determina quais parâmetros do arquivo de texto serão lidos e utilizados para as verificações e para o desenho da ligação metálica.

A ideia consiste na leitura de dados de três arquivos de texto. O primeiro deles corresponde ao arquivo utilizado para os formulários de viga e pilar, em que constam, em 13 colunas, as propriedades de cada um dos 51 perfis. Tal arquivo será ativado e lido quando os perfis “apoiado” e “de apoio” forem selecionados. Assim, quando o botão “Verificar e Desenhar Ligação” é pressionado, o programa busca as informações sobre os perfis escolhidos, os quais, separadamente, correspondem a uma linha inteira do arquivo, no arquivo E:\Pibic\definitivo\PerfisW.txt (Fig. 7). O primeiro arquivo será lido para o posterior desenho do perfil apoiado e de linha representativa do perfil de apoio, bem como para os cálculos de L_h e L_v , parâmetros já detalhados, que tomam por base propriedades do perfil de apoio.

Os outros dois arquivos de texto são ativados, também após o clique em “Verificar e Desenhar Ligação”, de acordo com a seleção feita pelo usuário. No caso de o usuário marcar a opção Ligação com duas cantoneiras parafusadas nas duas abas, um dos arquivos que corresponde à compilação das tabelas de ligações do tipo LCPP, será habilitado. No caso de o usuário selecionar a opção Ligação com duas cantoneiras soldadas na Viga Apoiada e parafusadas no Elemento Suporte, outro arquivo será habilitado, correspondente à compilação das tabelas de ligações do tipo LCSP. Cada um dos dois arquivos conta com 51 linhas, pois se trata de 51 perfis, e 28 colunas. A linha a ser lida deve ser a mesma que for selecionada, por meio da seleção do perfil, para a viga apoiada, uma vez que o perfil que é consultado nas tabelas da GERDAU AÇOMINAS é o perfil apoiado. As colunas correspondem à: Perfil, valor da reação sem recortes (kN), $L_v(\text{Max})$ com 1 recorte (mm), $L_{h1}(\text{Max})$ com 1 recorte (mm), valor da reação $L_{h1}(\text{Max})$ com 1 recorte (kN), $L_{h2}(\text{Max})$ com 1 recorte (mm), valor da reação $L_{h2}(\text{Max})$ com 1 recorte (kN), $L_{h3}(\text{Max})$ com 1 recorte (mm), valor da reação $L_{h3}(\text{Max})$ com 1 recorte (kN), $L_v(\text{Max})$ com 2 recortes (mm), $L_{h1}(\text{Max})$ com 2 recortes (mm), valor da reação $L_{h1}(\text{Max})$ com dois recortes (kN), $L_{h2}(\text{Max})$ com 2 recortes (mm), valor da reação $L_{h2}(\text{Max})$ com 2 recortes (kN), $L_{h3}(\text{Max})$ com 2 recortes (mm), valor da reação $L_{h3}(\text{Max})$ com 2 recortes (kN), cantoneira, d_1 e d_2 cantoneira (mm), d_3 cantoneira (mm), d_4 cantoneira (mm), quantidade de parafusos, bitola dos parafusos (mm), distância vertical do eixo do primeiro parafuso à extremidade superior do perfil (mm), distância horizontal do eixo do primeiro parafuso à extremidade da alma do perfil (mm), distância do eixo do primeiro furo à borda da cantoneira (mm), número de espaçamentos entre parafusos, espaçamento entre parafusos (mm), espessura de solda (mm). O arquivo lido servirá para a verificação da ligação metálica e para o desenho de seus elementos.

Lidos os arquivos, cuja leitura sucede o clique no botão de comando “Verificar e Desenhar Ligação”, inicia-se a verificação da ligação metálica descrita pelo usuário por meio do preenchimento do formulário. A verificação começa com o cálculo de L_h e L_v , a partir do arquivo de 13 colunas, seguindo para a consulta de “tabelas”. A escolha do tipo de ligação, LCPP ou LCSP, conforme já mencionado, determina o arquivo a ser lido, e a escolha do perfil apoiado determina uma “tabela”, aqui representada por uma linha, a ser lida. No caso de a viga apoiada não ter recortes, os valores de L_h e L_v calculados não são utilizados. O valor da reação digitado pelo usuário é, então, comparado com o valor da reação tabelado, para $N_d=0$, para o perfil apoiado selecionado. Se aquele for menor ou igual a esse, a ligação é aprovada, bem como seu desenho. Se, ao contrário, o valor daquele for maior que desse, a ligação não é aprovada, tampouco seu desenho, e o programa é encerrado. No caso de a viga apoiada ter recortes, seja um ou dois, tem-se verificações dos valores de L_h , L_v e da reação digitada pelo usuário, valores esses comparados com valores tabelados que foram compilados nos arquivos de texto. Se os valores de L_h , L_v , provindos da escolha do perfil de apoio, e da reação digitada pelo usuário forem menores ou iguais aos valores lidos no arquivo de texto, considerando-se $N_d=0$, a ligação é aprovada, bem como seu desenho. Se, ao contrário, os

valores forem maiores, a ligação não é aprovada, tampouco seu desenho, e o programa é finalizado. Menciona-se que todos os valores devem ser menores ou iguais aos valores tabelados. Se algum deles for maior, a ligação não é autorizada, e o programa é finalizado.

No caso de a verificação ter sido feita e o desenho automático não ter sido autorizado, por qualquer razão que seja de cálculo, a seguinte mensagem é mostrada: “A verificação da ligação metálica já foi feita. Os perfis metálicos não atendem o valor da reação. Sugere-se escolha de novos perfis” e o programa é encerrado.

Por outro lado, sete caixas de diálogo são abertas, no caso de a ligação ter sido verificada e aprovada para desenho. A primeira informa ao usuário que “A verificação da ligação metálica já foi feita. Deseja Desenhá-la?” (Fig. 13). A segunda pede ao usuário que informe o nome da viga apoiada, que será inserido como texto no AutoCAD, a terceira dá ao usuário informações sobre as principais propriedades do perfil apoiado selecionado, a quarta pede ao usuário que informe o nome do elemento de apoio, que será inserido como texto no AutoCAD, a quinta dá ao usuário informações sobre as principais propriedades do perfil de apoio selecionado, a sexta dá informações como o número e a bitola dos parafusos da ligação, as dimensões da cantoneira e a espessura da solda, caso exista (Fig. 14), e, por fim, a sétima sugere ao usuário que adote certas posturas diante do desenho automático que foi efetuado. Ela sugere que o usuário cote os principais elementos e as principais distâncias, hachure determinados elementos e nomeie o detalhe da ligação metálica.

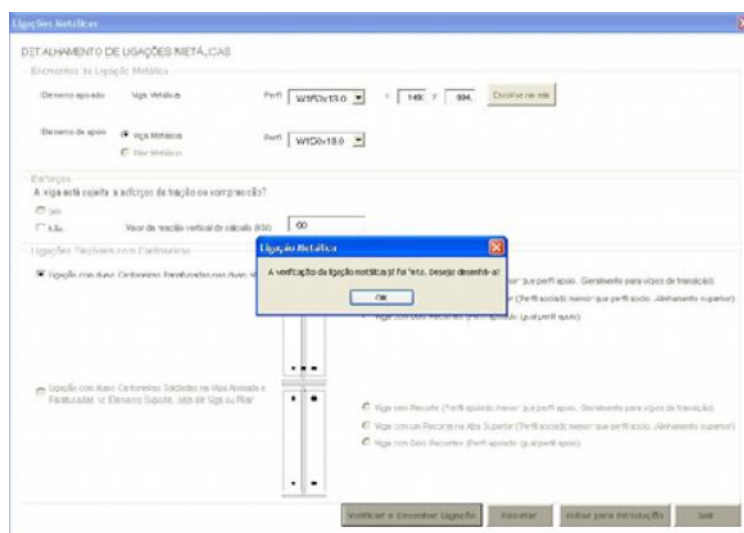


Figura 13. Formulário Ligações Metálicas. “A verificação da ligação metálica já foi feita. Deseja desenhá-la?”.

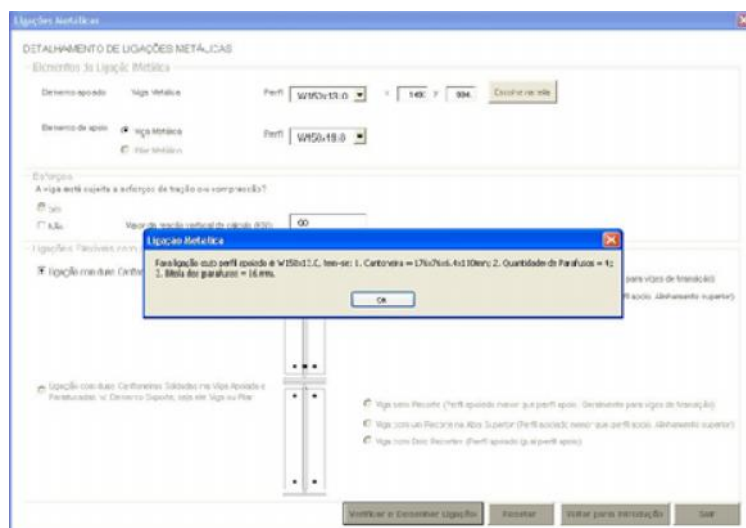


Figura 14. Formulário Ligações Metálicas. Informações complementares do detalhamento da ligação.

Em seguida, ocorre o desenho efetivo da ligação metálica, LCPP (Fig. 15) ou LCSP. O programa cria os layers, ou camadas de desenho, “Viga Apoiada”, “Viga Apoio” ou “Pilar Apoio”, a depender da escolha do elemento suporte, “Nome_Perfil”, “Perfil”, “Cantoneira”, “Parafuso” e “Solda”, sendo que o último layer só é habilitado no caso de a ligação ser do tipo LCSP, desenha as linhas que formam o perfil W da viga apoiada, desenha linhas representativas da viga apoiada em vista lateral, escreve textos com seu nome e com o nome do perfil W selecionado para a viga apoiada, desenha uma linha representativa do elemento suporte, escreve textos com seu nome e com o nome do perfil W selecionado para o elemento suporte e desenha as cantoneiras, os parafusos e, por fim, as soldas, caso existam.

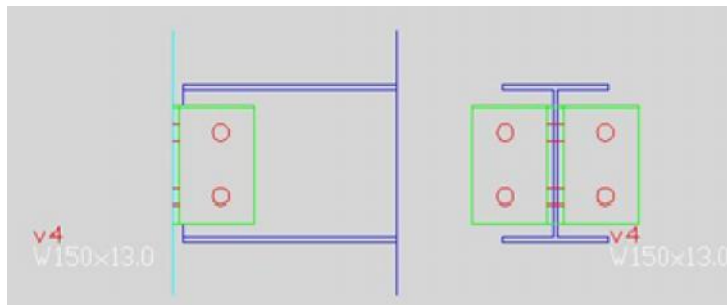


Figura 15. Ligação Metálica com duas cantoneiras parafusadas nas duas abas (LCPP) inserida em projeto de arquitetura.

4 CONCLUSÕES

Os programas de inserção de pilares e vigas metálicos e de detalhamento automático (pré-dimensionado) de ligações de estrutura metálica, que empregaram o Visual Basic na plataforma do AutoCAD, foram de grande valia para o intento inicial da pesquisa, a saber, a busca por um ponto de integração prática entre os projetos arquitetônico e estrutural. Os produtos da pesquisa poderão, idealmente, oferecer ao estudante e ao profissional de Arquitetura e Urbanismo a possibilidade de inserção de elementos estruturais durante a concepção de seu projeto arquitetônico, evitando mudanças bruscas no projeto quando esse passar da fase de pré-dimensionamento ao dimensionamento efetivo, feito no campo da engenharia.

Além disso, uma vez que o software AutoCAD, que possui uma estrutura aberta e que é largamente utilizado em Arquitetura e Urbanismo, pode ser programado, com o domínio da linguagem VB mostrada neste artigo, para a criação de quaisquer ferramentas necessárias ao dia-a-dia, como outras ferramentas de pré-dimensionamento e inserção de variados elementos estruturais, e também, ferramentas de inserção de elementos “modelo” no projeto e arquitetura ou engenharia. O aplicativo Visual Basic poderá ser, portanto, porta de entrada do AutoCAD visando a programá-lo para auxiliar o arquiteto e o estudante, genericamente, em seu trabalho diário.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EGYPTO, Cândido J. R. Material para disciplina Linguagens e Técnicas de Programação I. In. Curso de Tecnologia em Processamento de Dados. Faculdade Paraibana de Processamento de Dados, 1998.

GERDAU AÇOMINAS. Ligações para Estruturas de Aço. In. Guia Prático para Estruturas com Perfis laminados. 2004.

GERDAU AÇOMINAS. Tabela de Bitolas. 2008. Disponível em: http://www.gerdau.com.br/gerdauacominas/br/produtos/perfil/htmlperfis/pdfs/tabela_bitolas.pdf.

GÓMEZ, Luis Alberto. VBA para AutoCAD. Florianópolis: Visual Books, 2004.

GUIMARÃES, Ângelo de Moura e Newton Alberto de Castilho Lages. Algoritmos e Estruturas de Dados. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1994.

GUIMARÃES, Ângelo de Moura e Newton Alberto de Castilho Lages. Introdução à Ciência da Computação. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1994.

MORGADO, Flávio. Guia de Referência VBA. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2004.

OMURA, George. Introduction to VBA in AutoCAD. 2005.

OMURA, George. VBA to create AutoCAD Applications. 2005.

PETTA, Ana Claudia e Fernando Zito Junior. Visual Basic 6.0. São Paulo: Ed. Senac São Paulo, 2003.

PETTA, Ana Claudia e Fernando Zito Junior. CD tutorial Visual Basic 6.0. In. Visual Basic 6.0. São Paulo: Ed. Senac São Paulo, 2003.