

## **5. Metodologia**

### **5.1. Definição da área de estudo**

Antes de tudo, para a criação do modelo de classificação inicialmente é importante se estabelecer o recorte a ser estudado. Desta maneira adotou-se uma área na vertente norte do Maciço da Tijuca<sup>40</sup>, conforme ilustrado na Figura . A área de estudo localiza-se entre as áreas limítrofes dos bairros do Andaraí, Vila Isabel, Tijuca, Rio Comprido, Alto da Boa Vista e Santa Teresa.

Esta área pode ser caracterizada como uma área na qual se percebe uma relativa heterogeneidade, coexistindo uma diversidade de usos e ocupações diferenciadas do solo ao longo do tempo (como já abordado em capítulo anterior). Esta complexidade pode ser associada inicialmente ao seu fator locacional, já que se encontra em uma área limítrofe entre bairros com características e tipos de estruturas diferenciados. Além disso, é importante destacar que ela representa uma área de borda entre o Parque Nacional da Tijuca e uma área urbanizada da cidade. Desta maneira, este local foi selecionado pela multiplicidade de diferentes objetos geográficos existentes na área de estudo, assim como pela existência de diferentes processos associados à estes objetos.

É também importante destacar que a disponibilidade dos dados (obtidos através do LABGIS da PUC – Rio), a facilidade de acesso para a elaboração dos trabalhos de campo foram fulcrais para a escolha da área de estudo.

---

<sup>40</sup> Vale destacar ainda que a escolha da área não se deu de maneira aleatória. O Departamento de Geografia da PUC-Rio possui, ao longo de sua própria história, uma relação particular com o Maciço da Tijuca. Inúmeras são as publicações e as pesquisas voltadas para esta área do município do Rio de Janeiro, destacando-se: trabalhos voltados para a aplicação de geotecnologias no estudo da paisagem (conduzidas pelo Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego), estudos referentes à funcionalidade e dinâmica ecológica da Mata Atlântica no Maciço da Tijuca e Pedra Branca (conduzidos pelo Professor Rogério Ribeiro de Oliveira e pela Professora Rita de Cássia Montezuma), pesquisas voltadas para o estudo da História Ambiental e dos paleo-territórios na Mata Atlântica (também conduzidos pelo Professor Rogério Ribeiro de Oliveira), entre muitos outros.

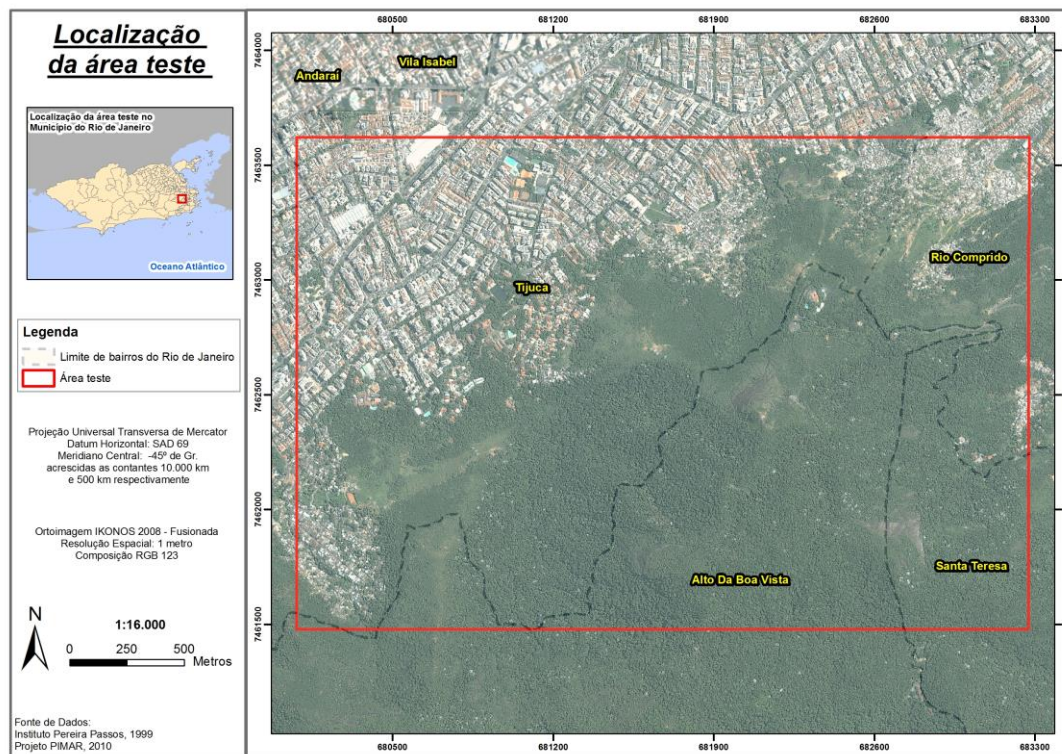


Figura 20: Localização da área teste no Maciço da Tijuca.

## 5.2. Definição dos Materiais e Métodos

Para a elaboração do presente trabalho foram utilizados e produzidos alguns materiais, que seriam utilizados ao longo do trabalho.

### Imagens

- ✓ Imagem Ikonos-2; bandas pancromática e multiespectrais (Vermelha, Verde, Azul e Infra-vermelho próximo), com 1 metro e 4 metros de resolução espacial. Resolução radiométrica de 8 bits (convertidas para 8 para o processamento e utilização na plataforma ArcGis). No total foram utilizadas duas imagens, sendo elas datadas de:
  - 2009
  - 2010

### Base vetorial

- ✓ Limites dos eixos de logradouros do Município do Rio de Janeiro, no formato ESRI Shapefile (.shp) criados pelo Instituto Pereira Passos na escala de 1:10.000 (IPP, 1999).

- ✓ Limites dos bairros do Município do Rio de Janeiro, no formato ESRI Shapefile (.shp) criados pelo Instituto Pereira Passos na escala de 1:10.000 no ano de 1999.
- ✓ Edificações do Município do Rio de Janeiro, no formato ESRI Shapefile (.shp) criados pelo Instituto Pereira Passos na escala de 1:10.000 (IPP, 1999).
- ✓ Setores Censitários – Aglomerados Subnormais do Município do Rio de Janeiro, no formato ESRI\_Shapefile (.shp) criados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1:2.000 (IBGE, 2010).
- ✓ Setores Censitários do Município do Rio de Janeiro, no formato ESRI\_Shapefile (.shp) criados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na escala de 1:2.000 (IBGE, 2010).
- ✓ Modelo Digital de Triangulação, no formato *Triangulated Irregular Network* (TIN) elaborados a partir de informações do Instituto Pereira Passos na escala de 1:10.000 (IPP, 1999).
- ✓ Declividade, no formato *Tagged Image File Format* (Tiff) elaborados a partir de informações do Instituto Pereira Passos na escala de 1:10.000 (IPP, 1999).

### Softwares

- ✓ ArcGis 10.0 para tratamento das bases vetoriais em formato shapefile (shp) e construção de bases de apoio e apresentação dos resultados através de mapas.
- ✓ eCognition Developer Trial 8 para a ambientação e construção do modelo de classificação automática
- ✓ InterIMAGE para a geração dos objetos (a partir de técnicas de segmentação) das classificações utilizadas como verdade de campo.
- ✓ GoogleEarth versão 6.2.1.6014 para contribuir como ferramenta de apoio para o trabalho de campo e construção das classes à serem levantadas, além de servir como ferramenta para a equação de dúvidas da classificação.
- ✓ IBM SPSS Statistics Version 21 – Trial Version para a elaboração e cálculos referentes ao Índice Kappa.

É importante destacar que as imagens utilizadas no presente trabalho passaram por uma série de procedimentos realizados pelo Laboratório de Visão Computacional da PUC - Rio (LVC). Desta maneira, as fases de tratamento das

imagens utilizadas (pré-processamento da imagem<sup>41</sup>) haviam sido realizadas preteritamente, não tendo sido reproduzida novamente neste trabalho.

### 5.3.

#### **Modelo de conhecimento para a classificação da cobertura do solo**

Como exposto ao longo do capítulo IV, a metodologia de classificação baseada em objetos conflui para uma maior apreensão dos inúmeros correlacionamentos entre os mais variados objetos geográficos presentes no espaço. Neste sentido, a definição das classes à serem utilizadas identificadas a partir da interpretação dependem diretamente do intérprete, e desta maneira, do conhecimento sobre o comportamento das mesmas.

É exatamente neste sentido que Antunes (2003) apresenta um modelo esquemático (Figura 21) sobre os procedimentos relacionados ao tipo de classificação baseado no objeto. Assim, a base de conhecimento é constituída por duas etapas fundantes: o conhecimento a priori (que está relacionada ao conhecimento do pesquisador sobre sua área de estudo e sobre aquilo que irá ser interpretado), assim como a própria interpretação da imagem à ser trabalhada. A geração de objetos servirá para que o intérprete, a partir de seu conhecimento, estruture uma ordem semântica e hierárquica entre as classes definidas com o objetivo de realizar a classificação em múltiplos níveis de complexidade, ou seja, dos menos complexos (classes mais generalistas) aos mais complexos (classes mais particulares e menos generalistas). A partir da definição de uma série de descritores espaciais (forma, cor, textura, NDVI, entre uma infinidade de outras informações associadas aos objetos provenientes da etapa de segmentação), o modelo, e consequentemente a classificação, pode vir a ser elaborado.

Entretanto, seria importante destacar a necessidade de se incluir neste esquema uma série de outras informações que podem também contribuir para a elaboração da classificação (como por exemplo, informações da geomorfologia

---

<sup>41</sup> O pré-processamento das imagens de 2009 e 2010 seguiu os procedimentos desenvolvidos no Projeto PIMAR tais como: fusão de imagens, a coleta e o pós-processamento dos pontos de controle no Maciço da Tijuca e no Maciço da Pedra Branca, a elaboração do modelo digital de elevação para ortorretificação da imagem e por fim o procedimento de validação da ortorretificação. Para a consulta dos procedimentos técnicos desenvolvidos consultar o seguinte sítio na internet: [http://www.nima.puc-rio.br/sobre\\_nima/projetos/pimar/relatorios.php](http://www.nima.puc-rio.br/sobre_nima/projetos/pimar/relatorios.php).

local, identificação de vias, escrutinização de espécies vegetais determinados, entre uma gama enorme de outros elementos) que podem subsidiar diretamente a classificação.

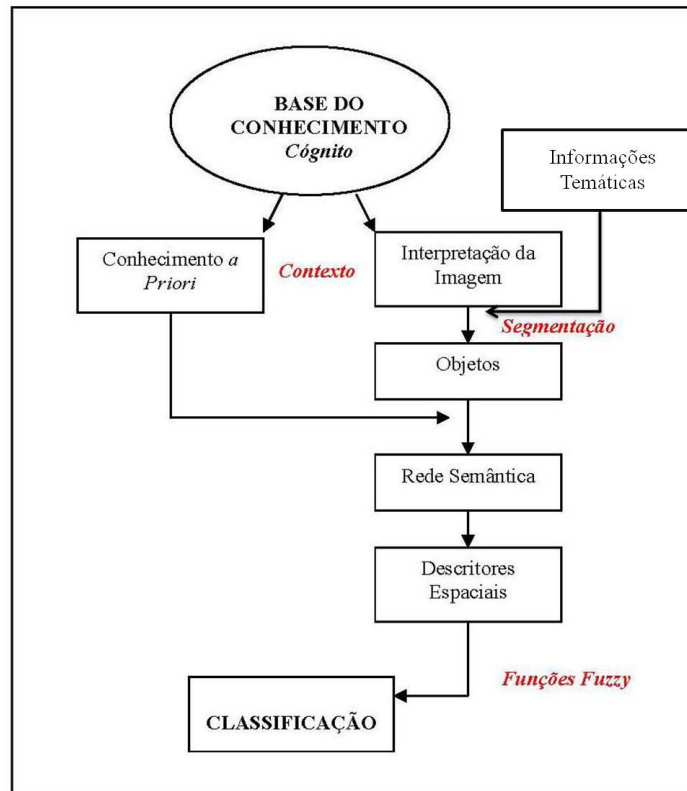


Figura 21: Modelo conceitual da classificação baseada em objeto.  
(Fonte: Adaptado de Antunes, 2003).

Para ambientar e realizar o modelo da classificação semi-automática, será então utilizado o software eCognition Developer 8 Trial, que permite a implementação de um sistema baseado em conhecimento a partir de uma rede semântica definida pelo usuário na qual a estrutura se define pela existência de uma relação arco-nó (Figura ).

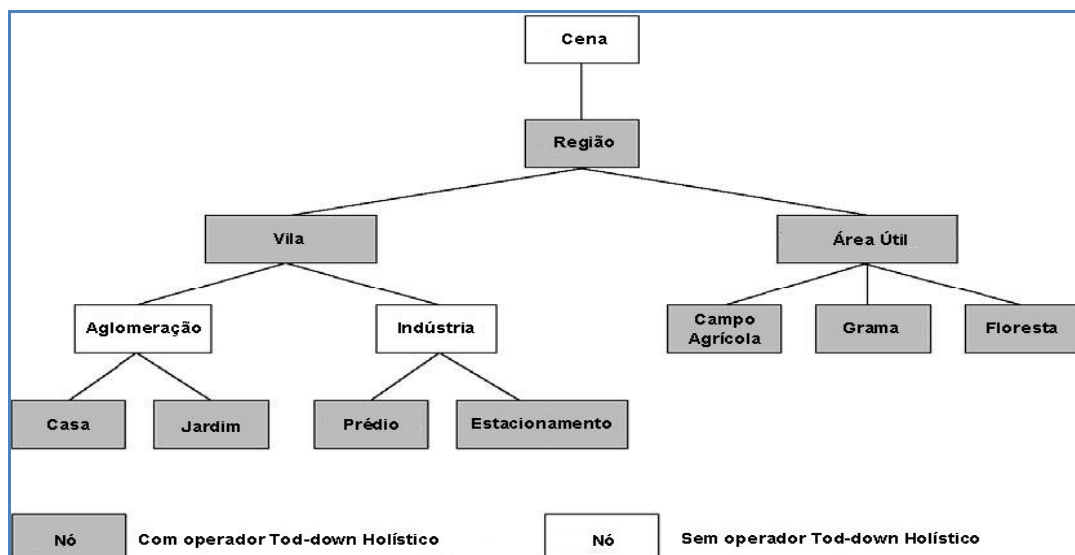


Figura 22: Exemplo de uma rede semântica conceitual.  
(Fonte: PAHL, 2010)

Como exposto anteriormente, para a estruturação do modelo de classificação semi-automático, torna-se necessário a discussão referente à construção da base do conhecimento. Desta maneira, não apenas o conhecimento da área à priori de estudo, mas também uma primeira interpretação da imagem é necessária para que a base de conhecimento comece a ser estruturada.

Apesar de nos inspirarmos nas idéias apresentadas por Sutton et al. (2006, apud Carvalho, 2011, p. 105) que apresenta a potencialidade do software Google Earth para fornecer imagens cada vez mais atualizadas de qualquer parte do globo e que, conseqüentemente, possibilita uma maior agilidade a partir de novas ferramentas de interpretação da paisagem, parece-nos estranho a ventilação da possibilidade da capacidade em “eliminar a verificação em campo das classificações de outras imagens de satélite”. Entretanto, como apontado por Carvalho (2011), a disponibilização do módulo *Street View*, torna-se uma ferramenta capaz de contribuir de maneira decisiva para os foto-intérpretes à medida que contribui para a visualização horizontal das áreas de interesse a partir da existência de fotografias em 360° de pontos georeferenciados.

Desta maneira, apesar de não ser uma ferramenta que acabe com o trabalho de campo (como já defendido anteriormente no presente trabalho), a ferramenta contribui inclusive para o entendimento de padrões e objetos

geográficos em determinadas áreas de interesse. Um exemplo claro está apresentado na Figura que está associada à parte da área de interesse do presente trabalho. Assim, o software foi utilizado também com o intuito de se estabelecer mais um aparato informacional para o apoio de tomadas de decisão, assim como para o esclarecimento de dúvidas.

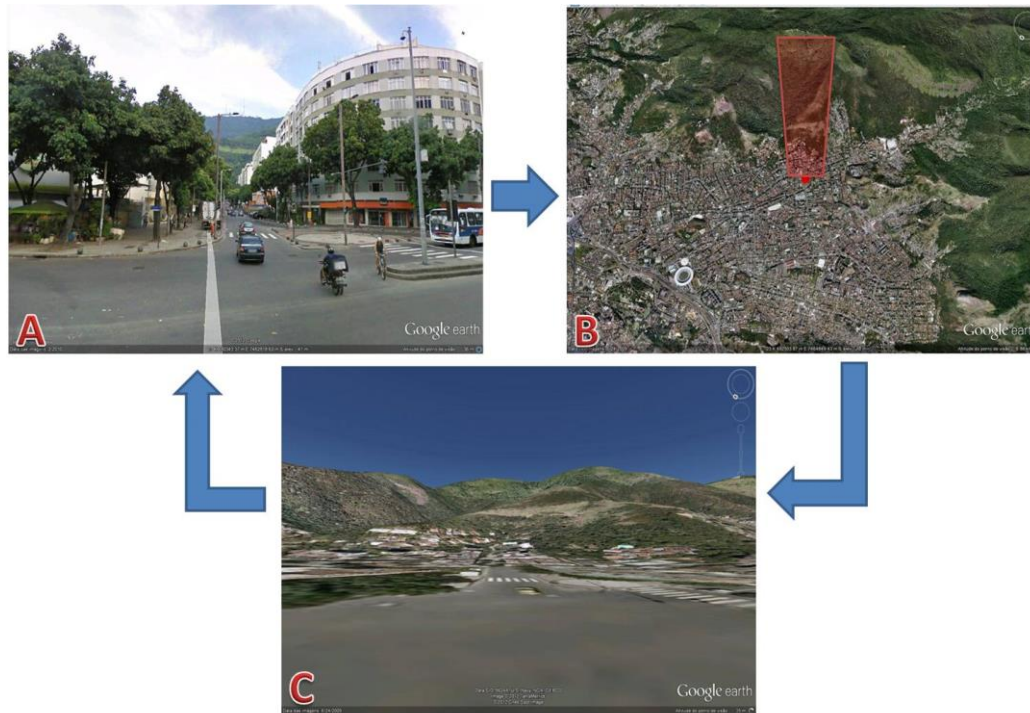


Figura 23: Diferentes percepções e representações do real a partir do software Google Earth

a) fotografia georreferenciada em perspectiva horizontal b) imagem em perspectiva vertical c) imagem em perspectiva vertical com visualização no nível do solo e com modelo digital de elevação aparente.

Além da utilização destes equipamentos para subsidiar a legenda de classificação (e até mesmo o modelo em si), foram realizadas visitas de campo na área de interesse para que se pudesse gerar um entendimento pessoal (e não apenas remoto) dos elementos a serem especializados.

Percebe-se então claramente que ao utilizarmos diferentes perspectivas (horizontal, vertical e horizontal/vertical), percebem-se diferenciados padrões e objetos que, inclusive, podem contribuir diretamente para o entendimento da realidade à ser interpretada. Desta maneira, a estrutura e forma dos objetos como

edificações, logradouros, parques, arborização urbana, antenas, passam a ser percebidas.

#### 5.4.

#### **Da avaliação dos Resultados: a Matriz de Confusão**

Com o intuito de se estabelecer os parâmetros ideais para a geração de um modelo capaz de prever e inferir as classes sobre a área de estudo, será utilizada a Matriz de Confusão (ou a Matriz de Erro) como metodologia base para o levantamento e identificação da assiduidade entre a verdade terrestre (o plano real) e a classificação desenvolvida (plano representado).

Neste sentido, a Matriz de Confusão estabelece uma correlação entre linhas e colunas, nas quais as colunas participam como a representação da verdade (seja através da identificação em campo, ou como no presente trabalho será utilizado, uma classificação base que representa a verdade de campo), enquanto que as linhas desta matriz se apresentam como classes “correlacionadas e previstas”<sup>42</sup>. A elaboração da própria matriz em si possibilita, portanto, que se estabeleça a acurácia das classes levantadas ao apresentar a porcentagem de assiduidade dos diversos elementos associadas a determinada classe, assim como possibilita o entendimento e a quantificação dos elementos mal classificados.

De acordo com Mangabeira (et al., 2003), “A matriz de erro favorece a visualização dos resultados da classificação temática e expressa a relação entre dois tipos de erros associados ao sistema de classificação: os de inclusão e os de omissão (Card, 1982)”. Estes erros estão associados à confusão e a classificação errônea de determinadas classes como sendo consideradas outras classes. Portanto, de acordo com Moreira (2001, p. 298),

“o erro de omissão ocorre quando determinada feição espectral que deveria ser classificada em dada classe temática é classificada como pertencente a outra classe. Tem-se, então, um resultado subestimado. O erro de inclusão é exatamente

---

<sup>42</sup> Nas Matrizes de Confusão do presente estudo, as mesmas basearam-se na estrutura apresentada por Richards (1993, apud ENVI, 2000).



o contrário, ou seja, a feição espectral é classificada como uma classe temática que não corresponde à realidade na superfície terrestre. Neste caso, a classe é superestimada. Por mais eficiente que seja o classificador, esses dois erros sempre existirão. A magnitude de cada um depende do grau de complexidade da área.”

Evidentemente que, como já apresentado anteriormente, a complexidade da área está diretamente associada a percepção do classificador e conseqüentemente aos objetos que se desejam escrutinizar. Assim, pensando-se a construção destes dados para aferir a validade (ou não) dos parâmetros a serem desenvolvidos para o modelo de classificação, o primeiro passo para a construção da matriz esteve relacionado ao levantamento randômico<sup>43</sup> de um total de 1.000 pontos amostrais na área de interesse a partir da utilização do software ArcGis.

É importante destacar que, de acordo com Congalton (1991), o número de pontos não deve ser estabelecido de maneira aleatória. Isto porque a definição de um número muito pequeno de amostras para alimentar a matriz de confusão pode resultar em problemas de acurácia, o que por sua vez pode contribuir para a distorção entre resultados levantados. O autor, inclusive apresenta que devem ser utilizados no mínimo 50 pontos para cada classe utilizada. Além disso, no caso da área analisada ser maior do que 1 (um) milhão de hectares, ou ainda no caso de serem avaliadas mais do que 12 classes, o número de amostras deve se elevar para um mínimo de 75 amostras.

Desta maneira, como no presente trabalho, apesar de se trabalhar com uma área relativamente pequena (377.66 hectares ou 3.776.689 m<sup>2</sup>), a utilização de um número relativamente elevado de classes levou ao levantamento de 1.000 pontos para serem utilizados na Matriz de Confusão (uma média de 76,9 pontos por classe). Assim, em ambiente SIG estabeleceu-se o cruzamento espacial entre a Classificação Visual (Manual) do ano de 2010 a Classificação gerada a partir do modelo construído. O mesmo procedimento foi elaborado para os produtos desenvolvidos a partir da Imagem de 2009.

---

<sup>43</sup> Estes pontos foram levantados aleatoriamente através da ferramenta “Create Random Points” a partir do limite elaborado da área de estudo. Desta maneira, puderam-se estabelecer (sem a interferência humana) os pontos que seriam utilizados para que se confrontasse a classificação visual com a classificação derivada a partir do modelo construído.

Com o intuito de que se possibilite o levantamento dos resultados obtidos a partir da matriz de confusão, adotar-se-á inicialmente a Exatidão Global dos resultados, isto é, a representatividade de asserção dos valores obtidos na classificação oriunda do modelo quando confrontada com a classificação utilizada como verdade terrestre.

Apesar da validade associada à Exatidão Global, a utilização pura e simples deste cálculo corrobora para que o resultado final da classificação seja superestimado, já que o mesmo não considera a influência dos elementos de toda a matriz no cálculo (Congalton, 1991). Neste sentido, para contribuir diretamente para minorar o erro associado à utilização deste dado estatístico, utilizou-se também o índice Kappa, sendo o mesmo gerado a partir da seguinte fórmula:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} * x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} + * x_{+i})}$$

Figura 24: Estrutura da fórmula básica para realização do cálculo do Índice Kappa.

Nesta fórmula, conforme apresentado por Figueiredo e Vieira (2007, p.5757) “K é uma estimativa do coeficiente Kappa;  $x_{ii}$  é o valor na linha i e coluna i;  $x_{i+}$  é a soma da linha i e  $x_{+i}$  é a soma da coluna i da matriz de confusão; n é o número total de amostras e c o número total de classes”.