



## UTILIZAÇÃO DA ANÁLISE FATORIAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DE ESTRUTURAS DE INTERDEPENDÊNCIA DE VARIÁVEIS EM ESTUDOS DE AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO

**Odair Barbosa de Moraes (1); Alex Kenya Abiko (2)**

(1) Departamento de Engenharia de Construção Civil – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – Bolsista de Doutorado FAPESP – e-mail: odair.moraes@poli.usp.br

(2) Departamento de Engenharia de Construção Civil – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: alex.abiko@poli.usp.br

### RESUMO

As pesquisas de satisfação e/ou percepção dos moradores sobre o ambiente construído são fundamentais numa avaliação pós-ocupação (APO). Elas têm fornecido informações importantes sobre os pontos positivos e negativos de um projeto, sob a ótica do seu principal experimentador, o morador. Contudo, as análises de dados numa APO têm sido restritas às verificações de frequências, diagramas de Pareto, tabelas de contingência e, quando as variáveis são numéricas, à obtenção de medidas de posição e de variabilidade. No entanto, essas medidas nos dão informações sobre cada variável isoladamente, não contribuindo para o entendimento das relações de interdependência entre elas. Estas relações são importantes, pois ajudam na compreensão das dimensões da análise feita pelo morador. A análise fatorial (AF) é uma técnica de estatística multivariada bastante ampla e antiga, utilizada principalmente nos estudos de avaliação de escalas na área de psicologia. É utilizada quando se deseja avaliar construtos, que não são mensuráveis diretamente, como inteligência e satisfação. Os objetivos da AF podem ser a caracterização dos avaliados, levando-se em conta um conjunto eventualmente grande de variáveis, e a descrição da inter-relação dessas variáveis, eventualmente explicitando uma estrutura de interdependência subjacente aos dados. Desta forma, propõe-se a utilização da AF, como uma técnica exploratória, na análise de dados de uma APO no sentido de entender melhor as relações entre as variáveis, buscando identificar as possíveis estruturas de análise da percepção do morador.

Palavras-chave: Avaliação pós-ocupação; percepção do morador; análise fatorial

### ABSTRACT

The surveys of dwellers satisfaction and/or perception about the built environment are basic in a Post Occupancy Evaluation (POE). They have supplied important information about the positive and negative aspects of a design, under the viewpoint of its main actor, the dweller. However, the data analyses in POE have been restricted to frequency tables, Pareto diagrams, contingency tables and, when the variables are numerical, to the calculation of measures of position and variability. However, these measures give us information about each separate variable, not contributing for the understanding of interdependence relations among the variables. These relations are important therefore they help in the understanding of the dimensions of the analysis made by the dweller. The factor analysis (FA) is a technique of multivariate statistics sufficient ample and old, it has been used in studies of evaluation of scales in psychology. It has been used when we wish to evaluate constructs, which are not measurable directly, as intelligence and satisfaction. The objectives of FA can be characterization of the evaluated ones, taking into account an eventually great set of variables, and the description of interrelation of these variables, eventually showing a structure of underlying interdependence to the data. Thus, we propose the FA as an exploratory technique in the data analysis of the POE to better understand the relations among variables, identifying also possible structures of analysis of the perception of the dweller.

Keywords: Post occupancy evaluation; perception of the dweller; factor analysis

## 1 INTRODUÇÃO

A Avaliação Pós-Ocupação (APO) tem se firmado com uma das principais ferramentas de avaliação das ações empreendidas no ambiente urbano, desde a construção de moradias às intervenções de recuperação urbana. A APO combina avaliação técnica e o ponto de vista do usuário, pretendendo se configurar como uma avaliação global do meio a ser estudado (ORNSTEIN; ROMERO, 1992).

Para a avaliação técnica, geralmente dispõe-se de parâmetros, equipamentos e conhecimento para conduzi-las de forma objetiva e de acordo com um certo consenso. Já a avaliação da satisfação e/ou percepção do morador é carregada de subjetividades que podem variar por indivíduo, por classe social, faixa etária, etc (LAY; REIS, 1993). Essas pesquisas de satisfação e/ou percepção dos moradores sobre o ambiente construído são fundamentais numa avaliação pós-ocupação (APO). Elas têm fornecido informações importantes sobre os pontos positivos e negativos de um projeto, sob a ótica do seu principal experimentador, o morador.

Apesar do grande esforço empreendido na coleta de dados de APO, nas etapas seguintes, de tratamento e análise dos dados, o pesquisador se depara com diversos obstáculos. Visto que os dados são coletados, geralmente, numa escala de conceitos, as análises acabam sendo restritas às verificações de frequências, diagramas de Pareto, tabelas de contingência e, quando as variáveis são numéricas, à obtenção de medidas de posição, média e moda, e de dispersão, desvio padrão e variância. No entanto, essas medidas nos dão informações sobre cada variável isoladamente, não contribuindo para o entendimento das relações de interdependência entre as variáveis. Estas relações são importantes, pois ajudam na compreensão das dimensões da análise feita pelo morador.

Adicionam-se as ferramentas citadas alguns testes não-paramétricos, como os de Kruskal-Wallis e de correlação de Spearman (SIEGEL, 1977). A aplicação destes e outros testes foram sugeridos por Reis; Lay (1994) e Ornstein *et al.* (1994) e podem ser vistos também em Lay; Reis (2002), onde os autores trataram de identificar os elementos de projeto que afetam o desempenho de conjuntos habitacionais e o nível de satisfação dos usuários.

Cabe destacar que, nos estudos de APO o número de variáveis envolvidas é relativamente grande e o cruzamento de todas variáveis demandaria um tempo considerável. Porém, com o advento do computador e a possibilidade de manusear uma grande quantidade de informação através de pacotes estatísticos, vários métodos de análise multivariada de dados vêm sendo desenvolvidos, facilitando essa análise simultânea dos dados.

A análise fatorial (AF) é uma técnica de estatística multivariada bastante ampla e antiga, sendo utilizada, principalmente, nos estudos de avaliação de escalas na área de psicologia. Utiliza-se geralmente quando se deseja avaliar construtos, variáveis não mensuráveis diretamente, como inteligência e satisfação. Os objetivos da AF podem ser a caracterização dos avaliados, levando-se em conta um conjunto eventualmente grande de variáveis, e a descrição da inter-relação dessas variáveis, eventualmente explicitando uma estrutura de interdependência subjacente aos dados (ARTES, 1998).

A AF obtida pelo método das componentes principais requer, apenas, que os dados estejam numa escala numérica e que guardem entre si, estruturas de correlação ou covariância. Não fazendo nenhuma suposição sobre a forma de distribuição dos dados, um dos principais obstáculos da APO para aplicação de testes estatísticos. Dessa forma, propõe-se a utilização da AF, com uma técnica exploratória, na análise de dados de uma APO no sentido de entender melhor as relações entre as variáveis, buscando identificar também as possíveis estruturas de análise da percepção do morador.

## 2 ANÁLISE FATORIAL: TERMOS E CONCEITOS

A AF inclui um conjunto de técnicas estatísticas cujo objetivo é representar ou descrever um número de variáveis iniciais a partir de um menor número de variáveis hipotéticas (REIS, 2001). Essas variáveis hipotéticas são os chamados fatores.

A AF parte da estrutura de dependência existente entre as variáveis de interesse (em geral representada pelas correlações ou covariâncias entre essas variáveis), permitindo a criação de um conjunto menor de variáveis (variáveis latentes, ou fatores) obtidas como função das variáveis originais. Além disso, é possível saber o quanto cada fator está associado a cada variável e o quanto o conjunto de fatores explica da variabilidade geral dos dados originais. A técnica utilizada a partir da análise de componentes principais faz uso de alguns termos que descrevemos a seguir.

Os **fatores** ou construtos são variáveis hipotéticas, combinações lineares das variáveis observadas, que explicam partes da variabilidade dos dados.

A **matriz de correlação** é uma matriz quadrada cujos elementos são as correlações entre as variáveis analisadas. Na diagonal principal todos os elementos são iguais a 1 (hum), visto que cada variável é totalmente correlacionada com ela mesma.

Uma **matriz de covariância** é uma matriz quadrada cujos elementos fora da diagonal principal são as covariâncias entre as variáveis e na diagonal principal são as variâncias de cada variável.

Os **autovalores** são valores obtidos a partir das matrizes de covariância ou de correlação, cujo objetivo é obter um conjunto de vetores independentes, não correlacionados, que expliquem o máximo da variabilidade dos dados.

As **comunalidades** são quantidades das variâncias (correlações) de cada variável explicada pelos fatores. Quanto maior a comunalidade, maior será o poder de explicação daquela variável pelo fator.

A **especificidade**, ou erro é a parcela da variância (correlação) dos dados que não pode ser explicada pelo fator.

**Cargas fatoriais** são as correlações entre as variáveis originais e os fatores. Esse é um dos pontos principais da AF, quanto maior a carga fatorial maior será a correlação com determinado fator.

Uma **rotação fatorial** é o processo de manipulação ou de ajuste dos eixos fatoriais para conseguir uma solução fatorial mais simples e pragmaticamente mais significativa, cujos fatores sejam mais facilmente interpretáveis.

E por fim, **análise de componentes principais (ACP)** é um método estatístico multivariado que permite transformar um conjunto de variáveis iniciais correlacionadas entre si, num outro conjunto de variáveis não-correlacionadas (ortogonais), as chamadas componentes principais, que resultam de combinações lineares do conjunto inicial.

Estes termos não esgotam a lista relacionada à AF, porém são suficientes para o entendimento do texto apresentado. Para maiores detalhes ver Hair et al (1995).

### 3 ETAPAS DE UMA ANÁLISE FATORIAL EXPLORATÓRIA

As etapas para realização de uma análise fatorial podem ser resumidas em: a) planejamento da pesquisa; b) análise dos dados; c) definição do método de obtenção dos fatores; d) definição do número de fatores; e) análise dos resultados – interpretação dos fatores.

Como toda pesquisa, a realização de uma análise fatorial requer um trabalho de planejamento, onde o conhecimento prévio do objeto pelo pesquisador é fundamental. Nesta etapa serão definidos os instrumentos de coleta de dados, quais as variáveis a serem coletadas e as escalas de mensuração.

Ressaltamos que as variáveis devem estar na mesma unidade; caso isso não ocorra, recomenda-se a padronização dos dados (processo de transformação das variáveis, onde todas passam a ter média 0 (zero) e variância 1 (hum)).

De posse dos dados, é importante realizar uma análise inicial para tentar verificar as possíveis estruturas de correlação. A análise da matriz de correlações ou de covariâncias pode ser uma alternativa, onde podem ser verificadas quais variáveis estão inter-relacionadas.

A depender do tipo de dado e do estabelecimento de algumas premissas pode-se fazer a opção pelo método de obtenção dos fatores. Como afirmado anteriormente, os mais conhecidos são o da máxima verossimilhança, que supõe normalidade dos dados, e o das componentes principais que não estabelece nenhuma exigência *a priori*. Por questões de simplificação, utilizaremos o método das componentes principais, além do que este método nos dá mais liberdade quanto às formas das distribuições.

Para obtenção dos fatores, é preciso que se determine quantos fatores pretende-se extrair, o que nem sempre é uma tarefa fácil. Existem na literatura alguns critérios como o de Kaiser, que recomenda que desprezemos aqueles fatores cujos autovalores (variância ou correlação explicada) seja menor que a média das variâncias (ou correlações). No caso de trabalharmos com a matriz de correlações esse valor limite é igual a 1 (hum) (REIS, 2001).

Outro critério, conhecido como o critério do *scree plot*, recomenda que de posse do gráfico autovalor  $x$  percentual da variância explicada, descartemos aqueles onde o gráfico esteja praticamente paralelo ao eixo horizontal (REIS, 2001).

Podemos ainda nos basear na proporção da variância explicada total ou por variável. Estabelecemos um limite e adotamos o número de autovalores necessários para o alcance deste limite. Em geral fixa-se em 70%. Pode-se também realizar AFs com diferentes números de fatores e depois compará-las.

Obtidos os fatores, a interpretação é uma das fases mais complexas, depende tanto da experiência do pesquisador quanto do poder de explicação das variáveis. Em geral, a primeira solução não é a mais fácil de interpretar, fornecendo, muitas vezes, apenas um fator, bem correlacionado com todas as variáveis que pode ser interpretado com um indicador. Para podermos realizar uma interpretação mais adequada, procedemos a algum tipo de rotação. As rotações visam maximizar a correlação de uma determinada variável à um único fator, minimizando as correlações nos demais. Para entendermos melhor o processo, será apresentada uma AF na seção seguinte.

## **4 APLICAÇÃO DA ANÁLISE FATORIAL AOS DADOS DE UMA APO**

### **4.1 Dados coletados**

Os dados utilizados para a análise foram coletados para a dissertação de mestrado “Desenvolvimento tecnológico e habitação de interesse social em Salvador”. O trabalho consistiu na aplicação de questionários de avaliação técnica e de opinião/satisfação do morador com suas unidades domiciliares tanto em programas habitacionais do Governo do Estado quanto em moradias construídas pela própria população. Ao todo foram aplicados 65 questionários, 30 em moradias autoconstruídas e 35 em moradias construídas em programas governamentais (MORAES, 2002). A análise apresentada a seguir foi feita apenas com os dados de opinião/satisfação e foram considerados todos os questionários conjuntamente, moradias autoconstruídas e construídas em programas governamentais.

Para esta AF os dados foram convertidos da escala ordinal - Bom, Regular, Ruim e Não aplicado - para uma escala intervalar, de quatro pontos: 3, 2, 1 e 0 respectivamente, como segue:

- B – Bom, não apresenta problemas que comprometem o uso do ambiente, instalação ou da casa. Valor atribuído - 3;
- R – Regular, apresenta problemas, mas que não comprometem o uso do ambiente, instalação ou da casa. Valor atribuído - 2;
- RU – Ruim, apresenta problemas que podem comprometer o uso do ambiente, instalação ou da casa. Valor atribuído - 1;

- NA – Não aplicável pela ausência do elemento analisado. Valor atribuído - 0.

Essa disposição dos pontos da escala merece uma discussão mais aprofundada que será adiada por não ser este o objetivo principal do trabalho.

No Quadro 1, onde descrevemos os códigos das variáveis utilizadas neste trabalho, dispomos as variáveis, de certa forma, em fatores como: tamanho, qualidade dos materiais, qualidade das instalações, conforto, segurança e respostas, sob uma ótica mais técnica. Porém, a análise fatorial poderá nos fornecer, de que forma estas variáveis se relacionam, formando os fatores sob a “ótica do morador”.

**Quadro 1 – Códigos das variáveis**

Variável	Código	Variável	Código
Tamanho da sala	T_SALA	Conforto devido à ventilação na sala	CV_SALA
Tamanho dos quartos	T_QUARTOS	Conforto devido à ventilação nos quartos	CV_QUARTOS
Tamanho da cozinha	T_COZINHA	Conforto devido à ventilação na cozinha	CV_COZINHA
Tamanho do banheiro	T_BANHEIRO	Conforto devido à ventilação no banheiro	CV_BANHEIRO
Qualidade do material do piso	QM_PISO	Conforto devido à iluminação natural	C_ILUMNATURAL
Qualidade do material das paredes	QM_PAREDES	Conforto devido ao ruído externo	C_RUIDOEXTERNO
Qualidade do material do teto	QM_TETO	Segurança estrutural	S ESTRUTURAL
Qualidade do material das portas e janelas	QM_PORTASEJANELAS	Segurança no período de chuva	S_PERIODOCHUVA
Qualidade das instalações de água	QI_AGUA	Segurança contra roubo	S_ROUBO
Qualidade das instalações de esgoto	QI_ESGOTO	Resposta aos problemas de umidade	R_UMIDADE
Qualidade das instalações elétricas	QI_ELETRICA	Resposta aos problemas de infiltração	R_INFILTRACAO
Conforto devido à temperatura no verão	CT_VERAO	Resposta aos problemas de odores	R_ODORES
Conforto devido à temperatura no inverno	CT_INVERNO	-	-

## 4.2 Análise de resultados

Num primeiro momento realizamos a análise com o número de fatores igual ao número de variáveis, de forma a verificar qual o percentual da variabilidade dos dados é explicada por cada fator. Este resultado é equivalente a realizar uma ACP onde toda a variabilidade dos dados é explicada. Os resultados desta análise são apresentados na Tabela 1.

Pelo critério de Kaiser poderíamos adotar 7 fatores e com isso explicar cerca de 73% da variabilidade dos dados. Porém, o autovalor 8 apresenta-se bastante próximo de 1 (hum), logo optaremos por uma AF com 8 fatores com cerca de 77% da variabilidade explicada.

A Tabela 2 mostra as comunalidades para uma AF de 8 fatores. Note que o fator mais bem explicado é o conforto devido à ventilação da cozinha (87%) e o menos explicado é a qualidade das instalações elétricas (63%).

O passo seguinte é a análise das cargas fatoriais. Na Tabela 3 se considerarmos relevantes apenas as cargas fatoriais (correlações) maiores que 0,50, veremos que, quase todas as variáveis estão altamente correlacionadas ao primeiro fator. Isto ocorre em função da análise ser feita utilizando o método das componentes principais. Neste método é definido que a primeira componente (fator) explique a maior parte da variabilidade dos dados (nesta análise cerca de 34%) e por consequência as variáveis estarão mais correlacionadas a ele.

**Tabela 1 – Variância explicada para 25 fatores**

Fator	Autovalor	% Total da variância	% da variância acumulada	Fator	Autovalor	% Total da variância	% da variância acumulada
1	8,57	34,26	34,26	14	0,44	1,76	91,66
2	2,43	9,73	43,99	15	0,39	1,55	93,21
3	2,10	8,41	52,40	16	0,33	1,32	94,53
4	1,62	6,50	58,90	17	0,29	1,15	95,69
5	1,33	5,34	64,23	18	0,22	0,88	96,56
6	1,11	4,43	68,66	19	0,20	0,82	97,38
7	<b>1,06</b>	<b>4,25</b>	<b>72,91</b>	20	0,18	0,72	98,10
8	0,94	3,78	76,69	21	0,15	0,59	98,69
9	0,82	3,29	79,98	22	0,10	0,41	99,10
10	0,68	2,70	82,68	23	0,09	0,36	99,46
11	0,62	2,48	85,17	24	0,08	0,30	99,76
12	0,60	2,39	87,56	25	0,06	0,24	100,00
13	0,59	2,34	89,90				

**Tabela 2 – Comunalidades para 8 fatores**

Variável	Comunalidade	Variável	Comunalidade	Variável	Comunalidade	Variável	Comunalidade
T_SALA	0,76	QM_PORTAS E JANELAS	0,75	CV_QUARTOS	0,84	S_ROUBO	0,72
T_QUARTOS	0,82	QI_AGUA	0,81	<b>CV_COZINHA</b>	<b>0,87</b>	R_UMIDADE	0,85
T_COZINHA	0,82	QI_ESGOTO	0,86	CV_BANHEIRO	0,77	R_INFILTRACAO	0,73
T_BANHEIRO	0,69	<b>QI_ELETRICA</b>	<b>0,63</b>	C_ILUMNATURAL	0,66	R_ODORES	0,65
QM_PISO	0,75	CT_VERAO	0,74	C_RUIDOEXTERNO	0,83		
QM_PAREDES	0,80	CT_INVERNO	0,67	S_ESTRUTURAL	0,85		
QM_TETO	0,79	CV_SALA	0,70	S_PERIODOCHUVA	0,82		

**Tabela 3 – Cargas fatoriais para 8 fatores**

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7	Fator 8
T_SALA	<b>-0,65</b>	-0,23	-0,17	0,11	-0,10	-0,27	-0,27	-0,30
T_QUARTOS	<b>-0,68</b>	-0,09	-0,43	-0,10	-0,21	-0,30	0,07	-0,11
T_COZINHA	<b>-0,55</b>	-0,42	-0,43	-0,27	0,15	0,26	0,00	-0,04
T_BANHEIRO	<b>-0,56</b>	0,14	0,22	0,00	-0,30	0,25	-0,39	-0,03
QM_PISO	-0,49	-0,37	-0,28	0,31	-0,34	0,02	-0,26	-0,13
QM_PAREDES	<b>-0,66</b>	-0,31	0,13	0,04	-0,19	-0,08	0,03	0,45
QM_TETO	<b>-0,71</b>	-0,14	0,19	0,32	0,00	0,15	0,32	-0,02
QM_PORTASEJANELAS	<b>-0,59</b>	-0,46	0,19	-0,01	0,12	0,31	-0,18	-0,12
QI_AGUA	<b>-0,52</b>	0,43	0,18	-0,41	-0,10	-0,05	0,05	-0,37
QI_ESGOTO	<b>-0,62</b>	0,39	0,30	-0,39	0,06	0,06	-0,03	-0,27
QI_ELETRICA	<b>-0,54</b>	0,36	0,32	0,11	0,12	0,09	0,26	-0,05
CT_VERAO	-0,41	0,39	-0,26	0,22	<b>0,54</b>	-0,06	0,02	0,05
CT_INVERNO	-0,44	0,12	-0,08	0,51	0,29	0,24	0,20	-0,11
CV_SALA	<b>-0,60</b>	0,30	-0,31	0,11	0,20	0,03	-0,33	-0,05
CV_QUARTOS	<b>-0,65</b>	0,18	-0,55	-0,10	0,10	-0,21	0,10	0,03
CV_COZINHA	<b>-0,55</b>	-0,27	-0,47	-0,38	0,22	0,19	0,20	0,11
CV_BANHEIRO	<b>-0,58</b>	<b>0,53</b>	-0,05	-0,05	0,00	0,19	-0,28	0,19
C_ILUMNATURAL	-0,30	0,43	-0,32	0,41	-0,26	0,01	-0,06	0,22
C_RUIDOEXTERNO	-0,11	-0,25	0,40	0,40	0,46	-0,34	-0,31	-0,10
S_ESTRUTURAL	<b>-0,76</b>	-0,06	0,25	-0,17	0,03	-0,35	-0,03	0,23
S_PERIODOCHUVA	<b>-0,74</b>	-0,11	0,24	-0,15	0,10	-0,31	0,04	0,27
S_ROUBO	<b>-0,55</b>	-0,36	0,32	-0,24	0,28	0,15	-0,13	0,09
R_UMIDADE	<b>-0,63</b>	-0,26	0,11	0,23	-0,18	-0,15	0,39	-0,33
R_INFILTRACAO	<b>-0,70</b>	-0,07	0,18	0,18	-0,20	0,32	0,09	0,12
R_ODORES	<b>-0,61</b>	0,36	0,23	0,00	-0,24	-0,10	0,11	0,10
<b>Variância explicada</b>	<b>8,57</b>	<b>2,43</b>	<b>2,10</b>	<b>1,62</b>	<b>1,33</b>	<b>1,11</b>	<b>1,06</b>	<b>0,94</b>
<b>Proporção da variância total</b>	<b>0,34</b>	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>

Esta primeira solução é chamada solução não-rotacionada. Para obtermos uma interpretação mais adequada dos fatores aplicamos um método de rotação ortogonal, cujos resultados podem ser vistos na Tabela 4.

Observamos na Tabela 4, que os fatores destacam algumas variáveis, resultados em negrito, cuja correlação é alta em um determinado fator e baixa nos demais. Dessa forma, descartando as variáveis com cargas fatoriais baixas, podemos tentar interpretar cada fator.

Observamos também, que algumas variáveis aparecem junto a outras que não guardam nenhuma relação aparente entre si, como tamanho da cozinha e segurança contra roubo. Isso pode ocorrer devido ao fato de alguma dessas variáveis não estar tão bem relacionada ao fator, com uma correlação média, porém maior que a dos demais fatores. Uma alternativa seria buscar aumentar o número de fatores, aumentando o poder de explicação das variáveis, ou então utilizar outro método de rotação fatorial.

Optando por aumentar o número de fatores, partimos para uma AF com 9 fatores. Desta forma explicaremos cerca de 80% da variabilidade dos dados, as comunalidades e as cargas fatoriais para esta análise estão apresentadas na Tabela 5.

Visto que as variáveis definidas pelos fatores rotacionados na Tabela 5, guardam entre si alguma relação, optamos por encerrar a AF com 9 fatores.

**Tabela 4 – Cargas fatoriais para 8 fatores utilizando a rotação Varimax**

Variável	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7	Fator 8
T_SALA	0,15	0,17	0,19	0,13	<b>0,73</b>	0,20	0,12	0,26
T_QUARTOS	-0,08	0,19	0,32	0,21	<b>0,69</b>	0,32	0,11	-0,19
T_COZINHA	0,12	0,02	<b>0,84</b>	0,09	0,28	0,10	0,09	-0,03
T_BANHEIRO	<b>0,67</b>	0,37	0,00	0,08	0,19	0,20	0,11	0,01
QM_PISO	0,39	-0,18	0,18	0,04	<b>0,69</b>	0,08	0,21	0,03
QM_PAREDES	0,28	-0,08	0,21	0,01	0,19	<b>0,75</b>	0,26	-0,03
QM_TETO	0,16	0,12	0,17	0,13	0,14	0,33	<b>0,76</b>	0,09
QM_PORTASEJANELAS	0,42	0,12	<b>0,49</b>	-0,12	0,15	0,18	0,32	0,37
QI_AGUA	0,02	<b>0,87</b>	0,04	0,09	0,15	0,11	0,08	-0,10
QI_ESGOTO	0,15	<b>0,86</b>	0,13	0,14	0,01	0,19	0,12	0,05
QI_ELETRICA	0,06	0,46	-0,06	0,29	-0,14	0,23	<b>0,50</b>	0,04
CT_VERAO	-0,14	0,13	0,14	<b>0,79</b>	-0,03	0,05	0,15	0,18
CT_INVERNO	0,07	-0,01	0,11	0,49	0,04	-0,09	<b>0,62</b>	0,15
CV_SALA	0,25	0,25	0,20	<b>0,66</b>	0,29	0,06	0,01	0,11
CV_QUARTOS	-0,17	0,21	0,38	<b>0,58</b>	0,42	0,26	0,05	-0,20
CV_COZINHA	-0,07	0,07	<b>0,85</b>	0,19	0,14	0,21	0,09	-0,18
CV_BANHEIRO	0,44	0,41	0,05	<b>0,58</b>	-0,01	0,23	-0,02	-0,14
C_ILUMNATURAL	0,24	-0,09	-0,25	<b>0,57</b>	0,24	0,09	0,15	-0,34
C_RUIDOEXTERNO	-0,03	-0,10	-0,18	0,07	0,06	0,17	0,09	<b>0,86</b>
S ESTRUTURAL	0,05	0,33	0,15	0,13	0,21	<b>0,78</b>	0,12	0,18
S_PERIODOCHUVA	0,01	0,26	0,20	0,12	0,15	<b>0,78</b>	0,16	0,18
S_ROUBO	0,26	0,21	<b>0,49</b>	-0,10	-0,07	0,42	0,14	0,39
R_UMIDADE	-0,10	0,20	0,10	-0,11	0,49	0,24	<b>0,69</b>	0,07
R_INFILTRACAO	0,47	0,14	0,19	0,09	0,11	0,35	<b>0,55</b>	-0,08
R_ODORES	0,17	0,45	-0,16	0,22	0,12	<b>0,46</b>	0,29	-0,18
<b>Variância explicada</b>	<b>1,66</b>	<b>2,78</b>	<b>2,63</b>	<b>2,68</b>	<b>2,40</b>	<b>3,00</b>	<b>2,49</b>	<b>1,54</b>
<b>Proporção da variância total</b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>	<b>0,10</b>	<b>0,06</b>

Para interpretar estes fatores, buscamos analisar as características comuns às variáveis de cada um deles e por fim atribuímos um nome ao grupo. Cabe ressaltar que a AF não se encerra aqui, é possível também fazer uma análise dos resíduos, as especificidades, e dos escores fatoriais. Porém estes não são objetivos deste artigo.

**Tabela 5 – Comunalidades e cargas fatoriais rotacionadas para 9 fatores**

Variável	Comunalidades para 9 fatores	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Fator 7	Fator 8	Fator 9
T_SALA	0,82	0,32	0,16	0,13	0,22	<b>0,76</b>	0,18	0,04	0,14	0,02
T_QUARTOS	0,83	-0,13	0,20	0,46	0,16	<b>0,63</b>	0,33	0,11	-0,10	0,06
T_COZINHA	0,84	0,29	0,01	<b>0,82</b>	0,02	0,22	0,08	0,08	-0,02	0,15
T_BANHEIRO	0,85	0,11	0,33	0,02	0,05	0,14	0,20	0,12	0,04	<b>0,81</b>
QM_PISO	0,76	0,16	-0,21	0,20	0,05	<b>0,67</b>	0,08	0,19	0,01	0,41
QM_PAREDES	0,82	0,19	-0,09	0,20	0,00	0,17	<b>0,75</b>	0,22	-0,04	0,30
QM_TETO	0,80	0,37	0,11	0,08	0,13	0,19	0,33	<b>0,69</b>	-0,02	0,05
QM_PORTASEJANELAS	0,87	<b>0,84</b>	0,08	0,20	0,00	0,23	0,14	0,17	0,08	0,10
QL_AGUA	0,82	-0,02	<b>0,87</b>	0,09	0,06	0,13	0,11	0,07	-0,08	0,12
QL_ESGOTO	0,86	0,21	<b>0,85</b>	0,09	0,15	0,01	0,17	0,08	0,01	0,16
QL_ELETRICA	0,64	0,16	0,47	-0,10	0,28	-0,11	0,24	<b>0,49</b>	-0,01	0,00
CT_VERAO	0,74	-0,04	0,16	0,23	<b>0,72</b>	-0,07	0,05	0,22	0,26	-0,13
CT_INVERNO	0,81	-0,08	0,00	0,22	0,32	-0,02	-0,06	<b>0,71</b>	0,29	0,24
CV_SALA	0,73	0,18	0,23	0,21	<b>0,70</b>	0,26	0,03	0,01	0,09	0,17
CV_QUARTOS	0,84	-0,16	0,23	<b>0,55</b>	<b>0,51</b>	0,35	0,26	0,10	-0,08	-0,06
CV_COZINHA	0,88	0,18	0,07	<b>0,87</b>	0,10	0,07	0,20	0,09	-0,13	-0,03
CV_BANHEIRO	0,78	0,03	0,39	0,11	<b>0,58</b>	-0,07	0,21	0,02	-0,09	0,47
C_ILUMNATURAL	0,77	-0,04	-0,10	-0,20	<b>0,69</b>	0,25	0,08	0,15	-0,38	0,09
C_RUIDOEXTERNO	0,86	0,14	-0,10	-0,21	0,01	0,08	0,17	0,10	<b>0,86</b>	0,02
S ESTRUTURAL	0,85	0,22	0,33	0,13	0,15	0,21	<b>0,77</b>	0,06	0,14	0,03
S_PERIODOCHUVA	0,83	0,14	0,27	0,22	0,08	0,12	<b>0,78</b>	0,13	0,20	0,07
S_ROUBO	0,76	<b>0,69</b>	0,18	0,25	-0,03	-0,03	0,38	0,03	0,19	0,03
R_UMIDADE	0,85	0,12	0,21	0,11	-0,15	<b>0,52</b>	0,27	<b>0,64</b>	0,03	-0,07
R_INFILTRACAO	0,73	0,41	0,11	0,07	0,14	0,13	0,34	<b>0,48</b>	-0,21	0,34
R_ODORES	0,65	0,04	<b>0,44</b>	-0,15	0,26	0,13	<b>0,47</b>	0,26	-0,20	0,15
<b>Variância explicada</b>	-	2,03	2,71	2,52	2,54	2,26	2,94	2,22	1,30	1,47
<b>Proporção da variância total</b>	-	0,08	0,11	0,10	0,10	0,09	0,12	0,09	0,05	0,06

O Quadro 2 apresenta os 9 fatores com as variáveis mais correlacionadas a cada um deles, as variáveis em negrito são aquelas que apresentaram correlação forte em mais de um fator. Note que, em alguns casos variáveis que não guardam nenhum tipo de relação visível ainda permanecem no mesmo fator. Por exemplo, no fator 5, as variáveis tamanho de ambientes e qualidade do piso estão no mesmo grupo. Isto pode ocorrer tanto pelo número de fatores insuficiente, quanto pela qualidade dos dados coletados.

Assim, desprezando essas variáveis nos fatores temos o fator 1 claramente formado por duas variáveis relacionadas à segurança contra roubo: material das portas e janelas e a própria segurança contra roubo, o fator 2, apresentando variáveis relacionadas à qualidade das instalações hidro-sanitárias e assim por diante como mostrado no Quadro 2. Ressalta-se ainda, que itens que seriam analisados separadamente como instalações elétricas e o material da cobertura, nesta análise aparecem em um mesmo fator, com variáveis todas relacionadas à cobertura. Destaca-se também os fatores 3 e 9, formados respectivamente pela cozinha e banheiro, com itens avaliados de forma isolada pelo morador, o que demonstra a importância desses elementos numa moradia.

Em resumo, num esforço de interpretação dos fatores detectados pela APO na avaliação das moradias, temos as seguintes dimensões, ou fatores: segurança contra roubo, qualidade das instalações hidro-sanitárias, cozinha, conforto no verão e iluminação, adequação e qualidade do piso, estrutura, cobertura, conforto em relação ao ruído externo e tamanho do banheiro.

Destacamos que, os resultados aqui obtidos necessitariam de comparação com outras pesquisas para uma análise da influência do contexto nos resultados e assim, poderemos fazer afirmações mais generalizadas.

**Quadro 2 – Interpretação dos fatores – Análise fatorial com 9 fatores**

<b>Fator</b>	<b>Variáveis</b>	<b>Interpretação</b>
1	Qualidade dos materiais das portas e janelas Segurança contra roubo	Segurança contra roubo
2	Qualidade das instalações de água Qualidade das instalações de esgoto <b>Resposta aos problemas de odores</b>	Qualidade das instalações hidro-sanitárias
3	Tamanho da cozinha <b>Conforto devido à ventilação nos quartos</b> Conforto devido à ventilação da cozinha	Cozinha
4	Conforto devido à temperatura no verão Conforto devido à ventilação na sala <b>Conforto devido à ventilação nos quartos</b> Conforto devido à ventilação no banheiro Conforto devido à iluminação natural	Conforto no verão e iluminação
5	Tamanho da sala Tamanhos dos quartos Qualidade do material do piso <b>Respostas aos problemas de umidade</b>	Adequação do espaço e Qualidade do piso
6	Qualidade do material das paredes Segurança estrutural Segurança nos períodos de chuva <b>Resposta aos problemas de odores</b>	Estrutura
7	Qualidade do material do teto Qualidade das instalações elétricas Conforto devido à temperatura no inverno <b>Resposta aos problemas de umidade</b> Resposta aos problemas de infiltração	Cobertura
8	Conforto em relação ao ruído externo	Conforto em relação ao ruído externo
9	Tamanho do banheiro	Tamanho do banheiro

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função de seus objetivos e do espaço disponível, algumas questões não foram tratadas neste texto, como o tamanho da amostra, métodos de obtenção dos fatores, análise da matriz residual e escores fatoriais. Dentre estas cabe ressaltar a questão do tamanho da amostra, na literatura não há um consenso sobre o seu tamanho ideal, contudo reconhece-se que uma das implicações em amostras de tamanho reduzido é que a AF detectará apenas estruturas típicas daquela amostra, não podendo assim, serem generalizadas.

Do exposto neste trabalho constatamos que a AF demonstrou ser uma ferramenta promissora na análise de dados de uma APO, porém os cuidados básicos necessários em qualquer pesquisa devem ser tomados, desde a coleta até a interpretação dos resultados.

A AF exploratória indica estruturas de dependência e dimensões de análise nem sempre perceptíveis pelo pesquisador. Notamos por exemplo, que ambientes como cozinha e banheiro são avaliados de forma isolada dos outros ambientes pelos moradores.

Os fatores apresentam um grupo de variáveis inter-relacionadas que favorecem a análise de uma grande área da avaliação, dessa forma, itens que poderiam ser visto de forma isolada como, com base no exemplo exposto: o fator segurança contra roubo e materiais das portas e janelas indica que a primeira variável liga-se fortemente a segunda, de forma que uma possível ação na melhoria da qualidade das portas e janelas (item material), impacta na segurança contra roubo (item imaterial). Da mesma forma é possível identificar nos fatores, elementos inter-relacionados, cuja análise deve ser feita de forma simultânea.

Há necessidade, porém, de outras análises para que se confirme o potencial da AF na análise de dados de APO. Ou ainda, a realização de análises fatoriais confirmatórias, combinadas talvez com outras técnicas multivariadas.

Notamos, a partir do exemplo, que a AF possibilita entender melhor a estrutura de avaliação do morador, bem como retroalimentar as pesquisas neste campo, desde a reformulação de questionários até a definição de possíveis áreas de intervenção. Confirmando assim o potencial desta técnica para apoiar as pesquisas na área das relações ambiente-comportamento.

## 6 REFERÊNCIAS

- ARTES, R.; Aspectos estatísticos da análise fatorial de escalas de avaliação. *Revista Psiquiatria Clínica*. 25 (5) Edição Especial, 1998. p. 223-228.
- HAIR, J.F.Jr.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. e BLACK, W.C. *Multivariate Data Analysis with readings*, 4a. ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995
- LAY, Maria Cristina Dias; REIS, Antonio Tarcisio da Luz. O papel dos espaços abertos comunais na avaliação de desempenho de conjuntos habitacionais. In: *Ambiente Construído*. Porto Alegre: ANTAC, v. 2, n. 3, p. 25-39, jul/set. 2002.
- MORAES, Odair B.; *Desenvolvimento tecnológico e habitação de interesse social em Salvador*. Salvador: Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana – Escola Politécnica da UFBA. 2002. 160p. (Dissertação de mestrado)
- ORNSTEIN, Sheila Walbe; BRUNA, Gilda Collet; TASCHNER, Suzana P.; Procedimentos e técnicas estatísticas aplicadas à APO. In: *Workshop Avaliação Pós-Ocupação*. Anais. São Paulo: Fauusp, 1994. p. 77-92.
- ORNSTEIN, Sheila, ROMERO, Marcelo (colab.). *Avaliação pós-ocupação (APO) do ambiente construído*. São Paulo: Studio Nobel: EDUSP, 1992. 223p.
- REIS, Antonio Tarcisio; LAY, Maria Cristina Dias; Métodos e técnicas para levantamento de campo e análise de dados: questões gerais. In: *Workshop Avaliação Pós-Ocupação*. Anais. São Paulo: Fauusp, 1994. p. 28-49.
- REIS, Elizabeth. ; *Estatística Multivariada Aplicada*. Edições Silabo: Lisboa, 1997
- SIEGEL, Sidney. *Estatística não-paramétrica para as ciências do comportamento*. São Paulo: Mcgraw-Hill do Brasil, 1977. 350p.