



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
Campus Universitário – Trindade
Florianópolis – SC – CEP 88040-900
Caixa Postal 476



Fundação de Ensino e Engenharia em Santa Catarina

<http://www.feesc.org.br>
Telefone: (48) 3721-9553



Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

<http://www.labeee.ufsc.br> | e-mail: contato@labeee.ufsc.br
Telefones: (48) 3721-5184 / 3721-5185



Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

<http://www.eletrobras.gov.br>



Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

<http://www.eletrobras.gov.br/procel>

Convênio ECV-271/2008 Eletrobras/UFSC

EQUAÇÕES PRESCRITIVAS PARA O REGULAMENTO DE ETIQUETAGEM DE
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS
RELATÓRIO TÉCNICO: RT_LABEEE-2011/03

Elaborado por: Rogério de Souza Versage, MSc.

Coordenação: Prof. Roberto Lamberts, PhD.

Para: ELETROBRAS/PROCEL

Florianópolis, 08 de junho de 2011

Sumário

1. Introdução.....	3
1.1. Evolução do método de avaliação prescritiva da envoltória.....	3
2. Metodologia.....	11
2.1. Elaboração da base de dados	11
2.1.1. Variáveis dependentes	11
2.1.2. Variáveis independentes (Preditoras)	12
2.2. Regressão linear múltipla.....	13
3. Resultados.....	14
3.1. Variáveis empregadas	14
3.1.1. Variáveis térmicas	14
3.1.2. Variáveis geométricas.....	14
3.1.3. Variáveis binárias	15
3.1.4. Variáveis combinadas.....	16
3.2. Eliminação dos casos espúrios.....	17
3.3. Equações	19
3.3.1. Coeficientes de determinação e desvios padrões.....	19
3.3.2. Equações Zona Bioclimática 1: Curitiba – TRY	20
3.3.3. Equações Zona Bioclimática 2: Santa Maria – SWERA.....	28
3.3.4. Equações Zona Bioclimática 3: Florianópolis - TRY	36
3.3.5. Equações Zona Bioclimática 4: Brasília – TRY.....	42
3.3.6. Equações Zona Bioclimática 6: Campo Grande – SWERA.....	48
3.3.7. Equações Zona Bioclimática 7: Cuiabá – SWERA.....	53
3.3.8. Equações Zona Bioclimática 8: Salvador – TRY	58
3.4. Escalas de eficiência energética residencial	62
3.5. Frequência dos casos por nível de eficiência.....	64
3.5.1. Histogramas para ZB1	64
3.5.2. Histogramas para ZB2	65
3.5.3. Histogramas para ZB3	65
3.5.4. Histogramas para ZB4	66
3.5.5. Histogramas para ZB6	66
3.5.6. Histogramas para ZB7	67
3.5.7. Histogramas para ZB8	67
4. Conclusões.....	69
5. Referências Bibliográficas.....	71

Resumo

Este relatório técnico descreve o desenvolvimento das equações de regressão linear múltipla utilizadas no método prescritivo para avaliação do nível de eficiência energética da envoltória de edificações residenciais do Programa de Etiquetagem de Edificações. Na introdução está descrito rapidamente o histórico de evolução do método da avaliação prescritiva da envoltória até chegar à opção de se utilizar uma equação de regressão múltipla. Na metodologia são apresentadas as características consideradas para a seleção das variáveis utilizadas na elaboração das regressões e a descrição da estratégia estatística adotada. Nos resultados são apresentadas as equações prescritivas para obtenção de um indicador de Graus hora para resfriamento, indicador de consumo para aquecimento e indicador de consumo para refrigeração para cada zona bioclimática brasileira.

1. Introdução

1.1. Evolução do método de avaliação prescritiva da envoltória

Entre os anos de 2005 e 2008 foram realizadas pesquisas para o desenvolvimento do método prescritivo de avaliação da envoltória para o RTQ-R. Estas pesquisas foram baseadas em simulações de unidades habitacionais unifamiliares propostas por Matos (2007). O método de avaliação da envoltória em desenvolvimento, até então, era baseado em tabelas com prescrições de valores para parâmetros construtivos em cada zona bioclimática.

A partir de meados de 2008 foram iniciadas pesquisas envolvendo edificações multifamiliares. Nestas pesquisas, o comportamento de uma unidade habitacional naturalmente ventilada começou a ser avaliada em situações diferentes em relação a sua exposição ao exterior. No edifício multifamiliar foram estudados unidades habitacionais em contato com o solo, em situação isolada em pavimentos intermediários e com exposição da cobertura para o exterior no pavimento de cobertura.

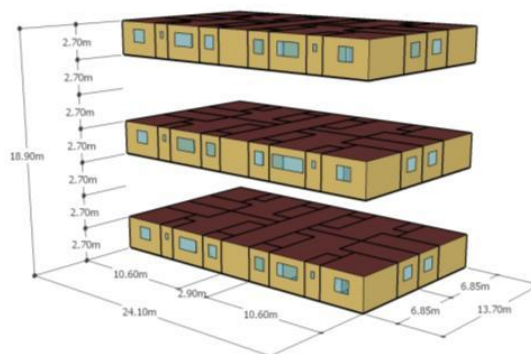


Figura 01 – modelo do edifício multifamiliar

O modelo de edifício possuía 7 pavimentos, dos quais foram analisados o térreo, pavimento intermediário e cobertura, sendo analisadas individualmente as salas e quartos de cada apartamento simulado.

Dez categorias de envoltória dos casos unifamiliares foram adotados como parâmetros a serem aplicados no modelo multifamiliar. Foram considerados modelos variando paredes, cobertura, sombreamentos das aberturas, área de janela e área de abertura para ventilação. Nestas categorias foram classificados parâmetros que garantissem níveis decrescentes de desempenho térmico, conforme tabela 01.

Tabela 01 – Descrição das tipologias construtivas para montagem da base de dados

CASO	AJ (%)	Somb	FCSCOB	UCOB	α COB	FV (%)	FCSPAR	UPAR	α PAR
A1	15%	somb	1.9	1.18	0.4	100%	2.9	1.80	0.40
A2	25%	somb	1.9	1.18	0.4	50%	2.9	1.80	0.40
B1	8%	somb	1.9	1.18	0.4	50%	3.6	2.24	0.40
B2	25%	somb	1.9	1.18	0.4	50%	3.6	2.24	0.40
C2	25%	somb	3.8	1.18	0.8	50%	3.6	2.24	0.40
C1	15%	s/somb	2.0	0.62	0.8	100%	3.6	2.24	0.40
D2	25%	somb	3.8	1.18	0.8	50%	7.2	2.24	0.80
D1	25%	s/somb	3.1	1.93	0.4	50%	3.2	1.00	0.80
E2	8%	somb	6.2	1.93	0.8	50%	5.8	1.80	0.80
E1	8%	s/somb	3.8	1.18	0.8	50%	7.2	2.24	0.80

As primeiras avaliações eram feitas apenas considerando os graus hora de refrigeração e aquecimento para o clima de Florianópolis (Zona bioclimática 3). E neste momento começou a se identificar uma semelhança do desempenho de unidades unifamiliares com unidades habitacionais de cobertura em edificações multifamiliares. Nas figuras 2 e 3 são apresentados os primeiros resultados de somatório de graus hora para os 10 tipos de envoltórias apresentadas na tabela anterior. São apresentados os resultados para cada um dos ambientes de permanência prolongada nos apartamentos do pavimentos térreo, intermediário e cobertura. Para fim de comparação também é apresentado os resultados para uma casa, unidade habitacional autônoma.

	CasoA1	CasoA2	CasoB1	CasoB2	CasoC1	CasoC2	CasoD1	CasoD2	CasoE1	CasoE2
COB:AP1:SALA	727	909	884	994	1782	1795	2022	2844	2640	3140
COB:AP2:SALA	742	1025	1011	1132	1982	1983	2262	3181	2849	3525
COB:AP4:SALA	703	884	890	981	1758	1714	2005	2683	2590	2995
COB:AP3:SALA	787	1083	1082	1204	2052	2054	2347	3212	2893	3581
INT:AP1:SALA	301	435	426	497	624	929	824	1530	812	1842
INT:AP2:SALA	311	542	533	620	745	1070	984	1873	926	2181
INT:AP4:SALA	303	448	461	520	637	897	840	1432	801	1755
INT:AP3:SALA	341	591	595	684	815	1143	1083	1943	999	2285
TER:AP1:SALA	33	83	101	114	129	266	226	542	168	750
TER:AP2:SALA	63	184	209	238	254	407	396	856	298	1078
TER:AP4:SALA	30	78	103	115	131	249	244	483	173	734
TER:AP3:SALA	69	200	237	268	286	447	456	892	337	1171
CASA	822	606	921	841	1474	2190	2191	1886	2692	3034

Figura 02 – Resultado das primeiras simulações de graus hora de resfriamento

	CasoA1	CasoA2	CasoB1	CasoB2	CasoC1	CasoC2	CasoD1	CasoD2	CasoE1	CasoE2
COB:AP1:SALA	221	201	305	294	170	90	125	184	194	122
COB:AP2:SALA	35	26	80	70	36	13	24	25	45	22
COB:AP4:SALA	256	230	340	329	187	103	133	201	208	129
COB:AP3:SALA	35	24	75	68	36	13	23	24	45	22
INT:AP1:SALA	8	9	36	33	21	16	10	0	3	10
INT:AP2:SALA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INT:AP4:SALA	12	13	45	43	26	20	12	0	5	12
INT:AP3:SALA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TER:AP1:SALA	8	12	27	26	23	20	14	1	6	14
TER:AP2:SALA	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0
TER:AP4:SALA	10	12	32	31	27	23	15	0	5	15
TER:AP3:SALA	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0
CASA	517	442	641	644	513	403	367	215	341	351

Figura 03 – Resultador das primeiras simulações de graus hora de aquecimento

Foram feitas simulações comparando os ambientes em edificações multifamiliares com ambientes em casa térrea e com ambientes simulados independente de uma edificação, em condições adiabáticas para paredes, piso e cobertura. As simulações adiabáticas sempre apresentaram valores maiores de graus hora por não considerar as diferentes condições das zonas térmicas vizinhas, acima e abaixo.

Graus hora de resfriamento		Graus hora de aquecimento	
Edifício			
COB:AP1:SALA	727	COB:AP1:SALA	221
INT:AP1:SALA	301	INT:AP1:SALA	8
TER:AP1:SALA	33	TER:AP1:SALA	8
Casa			
CASA	822	CASA	517
Casa - Apto Equivalente			
Normal T.Solo - climático	611	Normal T.Solo - climático	532
ParedeTeto Adiab.	0	ParedeTeto Adiab.	1037
PisoTetoParede Adiab.	498	PisoTetoParede Adiab.	0
PisoParede Adiab.	1087	PisoParede Adiab.	488

Figura 04 – Análise dos resultados das primeiras simulações de graus hora

Desta forma, os resultados de simulação de modelos de unidades habitacionais em edificações multifamiliares foram considerados equivalentes as simulações unifamiliares.

Para se avaliar a diferença de desempenho entre pavimentos de edificações multifamiliares verticais foram feitas simulações para avaliar o gradiente do somatório de graus hora para resfriamento, cujo resultado é apresentado na figura 05.

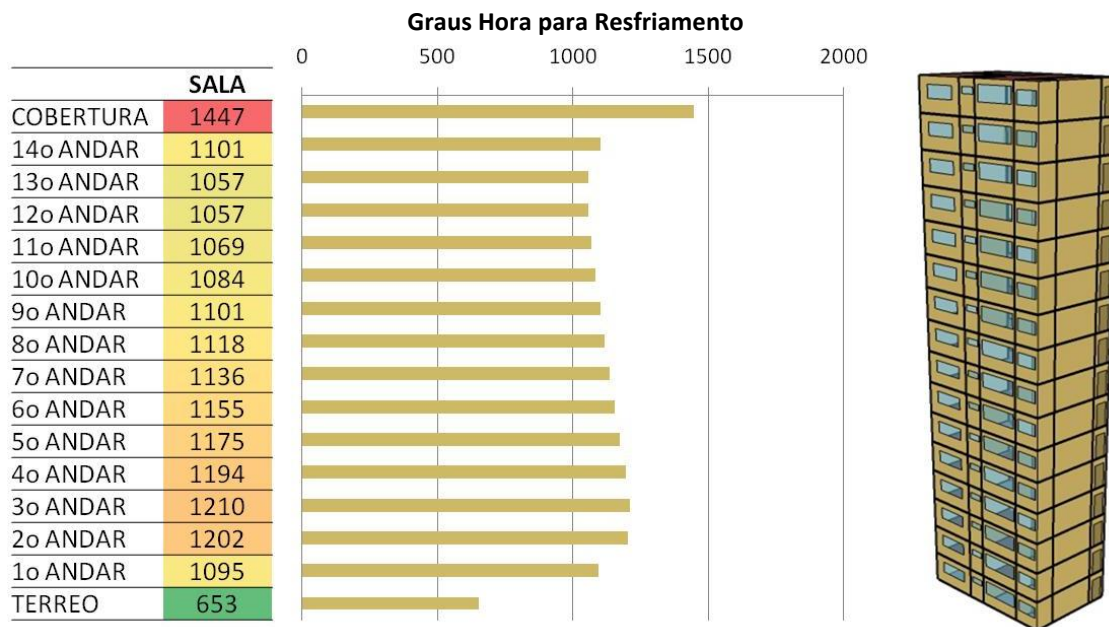


Figura 05. Gradiente de desempenho em Graus hora de Resfriamento em edifício vertical

Os resultados demonstraram que os somatórios de graus hora para os pavimentos em contato com o solo são menores que os pavimentos com cobertura para o exterior, e que os pavimentos intermediários apresentam um somatório de graus hora semelhantes. Com a avaliação destes resultados foi possível adotar uma simplificação, onde foi definido que seriam considerados os resultados do pavimento térreo, cobertura e do pavimento intermediário (representando todos os pavimentos tipo intermediários).

Transcorridos novos estudos em simulação de ventilação natural, e com uma melhor compreensão do desempenho térmico de edificações residenciais, no início de 2009, um novo método de avaliação foi proposto. Esta nova proposta de avaliação prescritiva da envoltória aspirava atender uma equivalência entre unidades habitacionais em edificações multifamiliares e unidades unifamiliares, considerar diferenças entre orientações e abranger as diferentes situações da edificação em relação ao solo e a exposição de superfícies ao exterior.

A princípio foi adotado como indicadores de desempenho os somatórios anuais de graus hora de resfriamento e aquecimento. Porém o indicador de graus hora para aquecimento passou a não responder satisfatoriamente para algumas condições climáticas, pois não alcançava grandezas de valores que permitisse a comparação entre diferentes casos. Para solucionar o problema o somatório de graus hora para aquecimento foi substituído pelo consumo relativo

para aquecimento através de um sistema de condicionamento artificial. Este consumo relativo, mesmo quando os ambientes não são aquecidos artificialmente, servem de indicador de desempenho, pois as aberturas de ventilação para o inverno estão predominantemente fechadas, tornando este consumo de aquecimento apenas um indicador de desempenho da envoltória.

Ao invés de avaliar a unidade habitacional como um todo, através do atendimento de prescrições dos parâmetros construtivos, foi definida uma avaliação por ambiente de permanência prolongada, proporcionando maior flexibilidade do método por considerar questões de exposição ao exterior por orientação de fachada de cada ambiente. Desta forma, cada ambiente receberia um nível de eficiência energética e a ponderação dos níveis de eficiência energética de cada ambiente resultaria no nível de classificação da unidade habitacional. Na mesma lógica, o nível de eficiência energética de um edifício multifamiliar seria a ponderação dos níveis de suas unidades habitacionais.

Entretanto, ficou pendente a definição de um método prescritivo para determinação do nível de eficiência energética dos ambientes. A princípio buscou-se elaborar uma tabela de parâmetros construtivos prescritos, a partir dos seguintes passos:

- Ordenar os casos simulados por graus hora e definir intervalos de desempenho entre os valores de graus hora para a classificação de eficiência;
- Buscar correlações entre parâmetros individuais ou combinados com o intervalo em que os casos se encontravam.
- Montar uma tabela com as condições de parâmetros para classificação do nível de eficiência

Porém, com este método observou-se uma dispersão grande no desempenho das edificações em relação a sua orientação solar e relações com a cobertura e condições intermediárias.

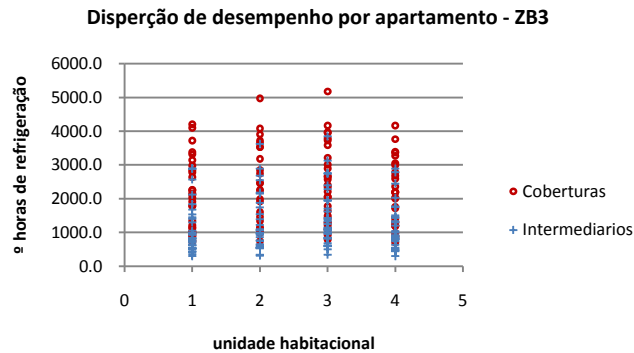


Figura 06 – dispersão dos graus hora de refrigeração por tipo de apartamento

Concluindo-se que em todas as correlações os graus hora sempre variavam muito independentemente do parâmetro considerado ou combinações de parâmetros. Um pequeno grupo de parâmetros não eram suficientes para determinar o nível de eficiência energética de um ambiente. A identificação de um comportamento linear no desempenho térmico para qualquer parâmetro, quando analisado individualmente, não foi possível. Na busca de correlações entre os parâmetros com os graus hora não foi encontrada uma relação que possibilitasse uma classificação. Ou seja, o desempenho térmico de um ambiente depende de uma combinação de parâmetros, pois é resultado de um balanço termo-energético entre características térmicas e geométricas do ambiente.

Com o insucesso na elaboração de uma tabela prescritiva de classificação de nível de eficiência energética para uma unidade habitacional, os dados foram organizados para o desenvolvimento de uma equação de regressão linear múltipla para se prever um número de graus hora de cada ambiente como um índice de desempenho energético.

A regressão linear múltipla é um método estatístico que utiliza a relação entre múltiplas variáveis, de modo que uma variável pode ser estimada, ou predita, a partir das outras. Para o método prescritivo do nível de eficiência energética da envoltória de edificações residenciais, o método estatístico de regressão linear múltipla foi utilizado para elaboração de equações para se prever um índice de Eficiência Energética a partir dos parâmetros construtivos, térmicos e geométricos de um ambiente.

Foram utilizados os mesmos casos utilizados na tentativa de elaboração da tabela classificatória. Nas primeiras tentativas foram utilizados todos os parâmetros individualmente e com a evolução da análise eles foram sendo combinados conforme suas relações físicas no impacto de desempenho de graus hora.

Assim, chegou-se a primeira equação de regressão linear múltipla para a zona bioclimática 3, apresentada abaixo.

$$\begin{aligned}
 Graus_{Hora} = & A + \frac{A_{Amb} \cdot B}{28,46} + Cob \cdot C + Solo \cdot D + A_{Vent} \cdot E + Somb \cdot F + A_{Amb} \cdot Solo \cdot G \\
 & + \frac{U_{Cob} \cdot H}{1,93} + \frac{CT_{Cob} \cdot I}{3335} + \frac{\alpha_{Cob} \cdot J}{0,80} + \left[\frac{\left(\frac{U_{Cob}}{1,93} \right) \cdot \left(\frac{\alpha_{Cob}}{0,80} \right)}{\frac{CT_{Cob}}{3335}} \right] \cdot L + \frac{U_{Par} \cdot M}{2,24} \\
 & + \frac{CT_{Par} \cdot N}{2042} + \frac{\alpha_{Par} \cdot O}{0,80} + \frac{A_{FEx.Norte}}{A_{Amb} \cdot 0,71} \cdot P + \frac{A_{FEx.Sul}}{A_{Amb} \cdot 0,71} \cdot Q \\
 & + A_{FEx.Oeste} \cdot \alpha_{Par} \cdot R + A_{FEx.Leste} \cdot \alpha_{Par} \cdot S + \frac{A_{Janela.Norte}}{A_{Amb} \cdot 0,25} \cdot T \\
 & + \frac{A_{Janela.Sul}}{A_{Amb} \cdot 0,25} \cdot U + \frac{A_{Janela.Norte}}{A_{Amb} \cdot 0,25} \cdot Somb \cdot V
 \end{aligned}$$

Equação 01 –
Primeira
equação de
regressão
múltipla

CONSTANTES

A= 3079.89	G= 244.69	N= -2346.22	T= 4341.16
B= -747.07	H= 2172.69	O= 933.30	U= -347.05
C= -1695.68	I= -1627.45	P= -5315.73	V= 319.27
D= -1218.72	J= 2702.14	Q= -756.75	
E= -1418.63	L= 0.06	R= 855.40	
F= 1095.68	M= -450.25	S= 1086.42	

Sendo,

A_{Amb} – área útil do ambiente

Cob – variável binária que define se no ambiente há cobertura voltada para o exterior

Solo – variável binária que define se no ambiente há piso em contato com o solo

A_{Vent} – área de abertura para ventilação

Somb – variável binária que define se nas janelas do ambiente há veneziana

U_{Cob} – Transmitância da cobertura, quando voltada para o exterior

CT_{Cob} – Capacidade térmica da cobertura, quando voltada para o exterior

α_{Cob} – absorvância da cobertura, quando voltada para o exterior

U_{Par} – transmitância das paredes externas

CT_{Par} – capacidade térmica das paredes

α_{Par} – absorvância das paredes externas

$A_{FEx.Norte}$ – Área de fachada externa voltada para norte

$A_{FEx.Sul}$ – Área de fachada externa voltada para sul

$A_{FEx.Leste}$ – Área de fachada externa voltada para leste

$A_{FEx.Oeste}$ – Área de fachada externa voltada para oeste

$A_{janela.Norte}$ – Área de janela na fachada norte

$A_{janela.Sul}$ – Área de janela na fachada sul

$A_{janela.Leste}$ – Área de janela na fachada leste

$A_{janela.Oeste}$ – Área de janela na fachada oeste

O método estatístico de regressão linear múltipla resultou em uma boa indicação de desempenho e foi adotado como modelo para o desenvolvimento do método prescritivo para avaliação da envoltória do programa de etiquetagem de edificações residenciais, apesar das equações desenvolvidas apresentarem um coeficiente de determinação, R^2 , de 0,82 e um erro médio de 751°C.h. A base de dados ainda era limitada, não abrangendo situações de pilotis, valores de capacidades térmicas altas e baixas e não respondendo para ambientes de dimensões muito diferentes das consideradas no banco de dados.

Para responder a construções leves e pesadas foram acrescentados casos adotando valores extremos de capacidade térmica para aumentar a abrangência da regressão. Para que a equação compreenda ambientes de dimensões e proporções diversas a base de dados foi

acrescida de simulações com os ambientes originais com pé direito duplicados e com áreas de ambientes quadruplicadas. Para responder melhor a diferentes orientações de ambientes foram duplicados todos os casos, simulando-os com azimute de 90° em relação aos primeiros casos. Com estes casos a regressão apresentou boa correlação, entretanto foi observado que ela não abrangia ambientes sobre pilotis, característica que apresentou grande influência no desempenho de ambientes com esta característica. Esta variação de situações e parâmetros resultou num total de 2880 casos de ambientes necessários para elaboração de cada regressão.

2. Metodologia

2.1. Elaboração da base de dados

Para a elaboração da base de dados foram feitos dois tipos de simulações. Um tipo de simulação para edificações naturalmente ventiladas, considerando a simulação de ventilação natural com controle ideal das aberturas, e outro tipo com um sistema de condicionamento de ar instalado. O primeiro tipo foi utilizado para aquisição dos números de graus hora para resfriamento (GHR), utilizado como indicador de desempenho térmico de ambientes quando ventilados naturalmente, e o segundo foi utilizado para aquisição dos consumos relativos para aquecimento (CA) e consumo relativo para refrigeração (CR), utilizados como indicadores de eficiência energética de ambientes quando condicionados artificialmente. O processo de simulação é detalhado no relatório técnico de desenvolvimento da base de simulações para o RTQ-R (RT_LABEEE-2011/02).

Os GHR, CA e CR foram utilizados como variáveis preditas na elaboração das equações de regressão linear múltipla. As características térmicas e geométricas dos modelos de ambientes foram consideradas como variáveis preditoras, que são utilizadas para estimar as variáveis dependentes GHR, CA e CR.

2.1.1. Variáveis dependentes

As variáveis dependentes são as variáveis estimadas, ou preditas, pela equação de regressão. Para determinação do nível de eficiência energética de edificações residenciais, as variáveis preditas foram utilizadas como indicadores de desempenho e eficiência energética dos ambientes avaliados. Para prever, prescritivamente, o nível de eficiência energética de edificações residenciais quando naturalmente ventiladas, foi adotado o GHR. E para prever o nível de eficiência energética quando estas edificações são condicionadas artificialmente, CA e CR

2.1.1.1. *GHR - Graus hora de resfriamento*

O grau hora de resfriamento é definido como sendo o somatório da diferença de temperatura horária, quando esta se encontra acima de uma temperatura base, no caso de graus hora de resfriamento. Nos cálculos de graus hora foi adotada a temperatura operativa base de 26°C, significando que, quando a temperatura operativa do ambiente estiver acima de 26°C o

excedente é somado no total de graus hora de resfriamento. Este indicador é utilizado para avaliação do desempenho da envoltória para verão.

O método de graus hora é indicado como uma maneira simples para análises energéticas. De forma geral, os valores de graus hora podem ser utilizados para estimar a carga anual de resfriamento para um ano ou apenas um período. Assim, este método é um bom indicador para analisar o desempenho térmico de edificações residenciais naturalmente ventiladas, pois pode considerar condições de temperatura operativa em ambientes sem condicionamento artificial de ar.

2.1.1.2. CA – Consumo relativo para aquecimento

O consumo relativo para aquecimento é o total de energia elétrica consumida durante um ano para condicionamento de ar para aquecimento dividido pela área útil do ambiente, em kWh/m².ano. Este indicador de desempenho foi adotado para avaliação de edificações situadas na zona bioclimática 1 (para o clima de Curitiba/PR), zona bioclimática 2 (para o clima de Santa Maria/RS), zona bioclimática 3 (para o clima de Florianópolis/SC) e zona bioclimática 4 (para o clima de Brasília/DF). Para as outras zonas bioclimáticas não foi adotado nenhum indicador de desempenho para aquecimento, pois os consumos de energia elétrica para aquecimento do ar foram insignificantes ou nulos. Este indicador é utilizado para avaliar o desempenho da envoltória para o inverno.

2.1.1.3. CR - Consumo relativo para refrigeração

Para avaliação da eficiência energética quando um ambiente está condicionado artificialmente foi adotada a densidade de consumo de energia elétrica anual para refrigeração do ar, em kWh/m².ano. Este indicador é utilizado para avaliação do desempenho da envoltória quando esta é refrigerada artificialmente e foi desenvolvido para todas as zonas bioclimáticas avaliadas.

2.1.2. Variáveis independentes (Preditoras)

Para determinação de quais variáveis do ambiente seriam utilizadas para a elaboração das equações de regressão foram considerados os parâmetros construtivos que podem afetar o desempenho térmico de um ambiente. Essas variáveis foram levantadas de acordo com quatro categorias:

1. Variáveis térmicas: transmitância, absorvância e capacidade térmica dos elementos contrutivos do ambiente;
2. Variáveis geométricas: áreas dos ambientes, pé direito, volume, áreas de paredes, áreas envidraçadas e áreas de abertura para ventilação;
3. Variáveis binárias: contato com o solo, exposição da cobertura para o exterior, pilotis, sombreamento nas aberturas, tipo de construção (pesada ou leve), aberturas envidraçadas com vidro duplo e isolamento térmico;
4. Variáveis combinadas: combinação de variáveis térmicas e geométricas como variáveis físicas termo-geométricas.

2.2. Regressão linear múltipla

Nesta metodologia, foi adotada a equação de regressão linear múltipla do tipo $y = b_0 + b_1.x_1 + b_2.x_2 + b_3.x_3 + \dots + b_n.x_n$, onde a variável predita é função de várias variáveis predictoras. Os coeficientes b_1, b_2, \dots, b_n , que são as constantes da equação, representam o declive ou acréscimo na variável predita provocado pelo acréscimo de cada uma das variáveis predictoras, x_1, x_2, \dots, x_n , respectivamente. (OGLIARI, 2011)

Ao se elaborar um modelo de regressão múltipla, pode-se, estatisticamente, incluir todas as variáveis independentes desejadas, ou incluir apenas algumas destas variáveis. Elas são selecionadas em função da significância do parâmetro de regressão de cada uma das variáveis, ou quando se obtém uma melhoria no coeficiente de determinação, R^2 , com sua inclusão.

Como estratégia de seleção das variáveis da equação para cada zona bioclimática foi adotada a metodologia conhecida como forward ou stepwise, que é calcular um modelo de regressão simples, incluindo, se for caso, apenas a variável independente cujo coeficiente de regressão é mais significativo em termos de precisão; analisar a significância da próxima variável independente mais significativa, e incluí-la, se for caso; recalculá-lo de novo; analisar a significância da próxima variável independente mais significativa, e incluí-la, se for caso, e assim sucessivamente até que todas as variáveis independentes sejam significativas.

3. Resultados

3.1. Variáveis empregadas

3.1.1. Variáveis térmicas

Como variáveis térmicas foram consideradas as propriedades térmicas dos componentes construtivos das paredes, coberturas e vidros, de acordo com a NBR 15220-1 (ABNT, 2005). Sendo adotadas as propriedades de absorvância à radiação solar (α), transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT), identificadas como:

- α_{cob} : absorvância à radiação solar da cobertura voltada para o exterior, quando;
- α_{par} : absorvância à radiação solar das paredes externas;
- CT_{cob} [kJ/(m²K)]: capacidade térmica da cobertura voltada para o exterior, quando houver;
- CT_{par} [kJ/(m²K)]: capacidade térmica da cobertura voltada para o exterior, quando houver.
- U_{cob} [W/(m²K)]: transmitância térmica da cobertura voltada para o exterior, quando houver.
- U_{par} [W/(m²K)]: transmitância térmica das paredes externas;
- U_{vid} [W/(m²K)]: transmitância térmica dos componentes envidraçados;

3.1.2. Variáveis geométricas

Como variáveis geométricas foram consideradas dimensões de áreas e dimensões lineares de componentes construtivos dos ambientes, sendo identificadas como:

- A_{Uamb} (m²): área útil do ambiente;
- AA_{bL} , AA_{bN} , AA_{bO} , AA_{bS} (m²): áreas de abertura, desconsiderando caixilhos, na fachada voltada para orientação Leste, Norte, Oeste e Sul, respectivamente;
- AP_{ambL} , AP_{ambN} , AP_{ambO} , AP_{ambS} (m²): áreas de parede externa do ambiente voltada para o Leste, Norte, Oeste e Sul, respectivamente;
- A_{parInt} (m²): área das paredes internas, excluindo as aberturas e as paredes externas;
- PD (m): pé-direito do ambiente;
- F_{vent} (adimensional): fator das aberturas para ventilação, valor adimensional proporcional à abertura para ventilação em relação ao vão da abertura. Os valores variam de 0 (zero) a 1 (um). Por exemplo, se a abertura para ventilação for igual à

abertura do vão, o valor deve ser 1 (um); se a abertura estiver totalmente obstruída, o valor deve ser 0 (zero); se a abertura possibilitar metade da área da abertura para ventilação, deve ser 0,5.

3.1.3. Variáveis binárias

Uma variável dependente binária assume dois valores, 0 ou 1. O valor 1 corresponde a uma certa característica que o ambiente tem (cobertura para o exterior, contato com o solo, capacidade térmica alta, etc.). O valor 0 corresponde a mesma característica que o ambiente não tem. Estas variáveis são qualitativas e não são expressas em unidade de medida. Como variáveis binárias foram consideradas as seguintes características:

- cob: variável binária que define se o ambiente possui superfície superior voltada para o exterior (cobertura).
- CTalta: variável binária que define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica alta, considerando a média ponderada das capacidades térmicas das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas. É considerada capacidade térmica alta valores acima de 250 kJ/m²K.;
- CTbaixa: variável binária que define se os fechamentos dos ambientes possuem capacidade térmica baixa, considerando a média ponderada das capacidades térmicas das paredes externas, internas e cobertura pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas. É considerada capacidade térmica baixa valores abaixo de 50 kJ/m²K.;
- isol: variável binária que representa a existência de isolamento nas paredes externas e coberturas. São consideradas isoladas paredes externas e coberturas que apresentem isolamento térmico e transmitância térmica menor ou igual a 1,00 W/(m²K);
- pil: variável binária que define o contato externo do piso do ambiente com o exterior através de pilotis;
- solo: variável binária que define o contato do piso do ambiente com o solo (laje de terrapleno);
- somb: variável que define a presença de dispositivos de proteção solar externos às aberturas;
- vid: variável binária que indica a existência de vidro duplo no ambiente;

3.1.4. Variáveis combinadas

Para interpretar melhor a influência das variáveis construtivas, buscando a interação das respostas físicas em relação às cargas térmicas envolvidas no desempenho térmico e eficiência energética dos ambientes, as variáveis foram combinadas em relações termo-geométricas para obtenção de novas variáveis.

- $SomAparExt * Ctpar$: produto do somatório das áreas de paredes externas pela capacidade térmica das paredes, esta variável exprime a massa térmica total do ambiente;
- $PD * AU_{Amb}$: produto do pé direito pela área útil do ambiente, esta variável representa o volume de ar do ambiente;
- PD / AU_{Amb} : razão do pé direito pela área útil do ambiente, esta variável representa um fator de forma do ambiente;
- $cob * AU_{Amb}$: produto da variável binária que define a existência de cobertura voltada para o exterior pela área útil do ambiente. Esta variável busca indicar a área de cobertura voltada para o exterior;
- $solo * AU_{Amb}$: produto da variável binária que define a existência de piso em contato com o solo pela área útil do ambiente. Esta variável busca indicar a área de piso em contato com o solo;
- $pil * AU_{Amb}$: produto da variável binária que define a existência de piso sobre pilotis pela área útil do ambiente. Esta variável busca indicar a área de piso sobre pilotis;
- $U_{cob} * a_{Cob} * Cob * AU_{Amb}$: Produto da Transmitância pela absorptância da cobertura pela área útil do ambiente e pela variável binária da existência de cobertura voltada para o exterior. Esta variável indica, quando houver $Cob=1$, uma relação de ganho solar e transmitância de calor por área de cobertura
- $(U_{cob} * a_{Cob} / C_{tcob}) * AU_{Amb}$: Razão do produto da transmitância pela absorptância da cobertura pela capacidade térmica da cobertura multiplicados pela área útil do ambiente. Esta variável indica o fator de calor solar transmitido para o ambiente pela área de cobertura;
- $(U_{par} * a_{Par} / C_{tpar}) * SomApar$: Razão do produto da transmitância e absorptância das paredes pela capacidade térmica da parede multiplicados pela área total de parede para o exterior. Esta variável indica o fator de calor solar transmitido para o ambiente pela área de paredes;

- $AAbN * Fvent$, $AAbS * Fvent$, $AAbL * Fvent$, $AAbO * Fvent$: Variáveis que indicam o produto da área de abertura pelo seu fator de ventilação, indica a área de abertura para ventilação para as aberturas voltadas para Norte, Sul, Leste e Oeste, respectivamente;
- $AAbN * symb$, $AAbS * symb$, $AAbL * symb$, $AAbO * symb$: Variáveis que indicam o produto da área de abertura pela variável binária de que indica a existência de elemento de sombreamento adequado, indica a área de abertura sombreada para as voltadas para Norte, Sul, Leste e Oeste, respectivamente;
- $APambN * aPar$, $APambS * aPar$, $APambL * aPar$, $APambO * aPar$: Produto da área de parede para o exterior pela absorptância solar da parede, que indica o ganho solar total das orientações Norte, Sul, Leste e Oeste, respectivamente;
- $APambN * UPar$, $APambS * UPar$, $APambL * UPar$, $APambO * UPar$: Produto da área de parede para o exterior pela transmitância de calor da parede, que indica a transmitância de calor total do exterior para o interior pelas orientações Norte, Sul, Leste e Oeste, respectivamente;
- $APambN * Upar * aPar$, $APambS * Upar * aPar$, $APambL * Upar * aPar$, $APambO * Upar * aPar$: Variáveis que indicam a área de parede para o exterior multiplicada pela absorptância à radiação solar e transmitância de calor da parede, que indica uma relação de ganho solar e transmitância de calor por área de parede pelas orientações Norte, Sul, Leste e Oeste, respectivamente;
- $SomAparext$: somatório das áreas de parede externa do ambiente ($APambN + APambS + APambL + APambO$);

3.2. Eliminação dos casos espúrios

Para o processamento das regressões foi estabelecido um método para eliminação de casos espúrios de tal modo que todas as bases de dados ficassem com o mesmo número de casos. Desta maneira, optou-se em eliminar os casos que apresentassem valores encontrados nos extremos dos casos ordenados, corte das caudas. Como corte significativo médio para todas as regressões, foi definido eliminar os últimos 10% dos casos ordenados. No gráfico da figura 07, esta apresentada a aderência dos indicadores preditos aos valores reais, simulados, antes de proceder a eliminação dos espúrios.

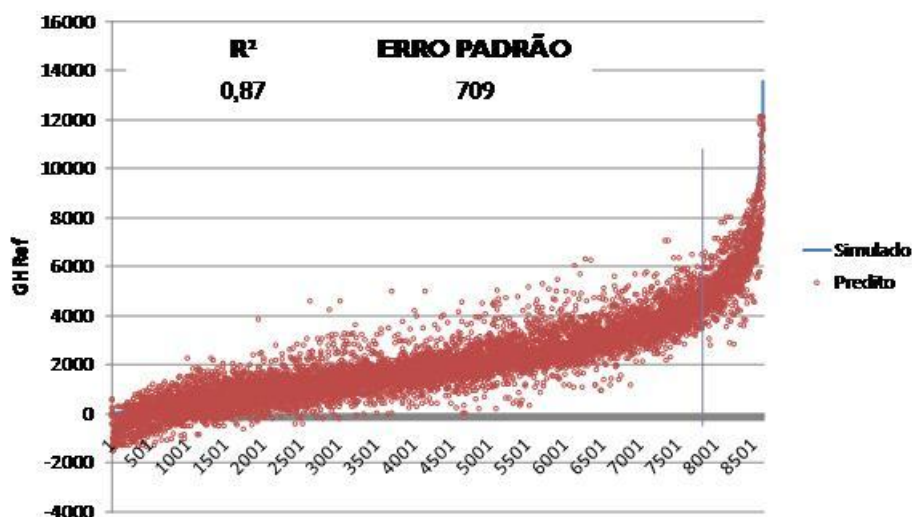


Figura 07 - Eliminação dos casos espúrios, antes do corte

Os últimos 10% dos casos ordenados são valores que extrapolam a sequência crescente dos dados anteriores a eles. Observa-se que apesar do R^2 de 0,87 o erro padrão é grande, pois a grande variação dos últimos 10% dos casos forçam a regressão para casos extremos. No gráfico da Figura 08, abaixo, são apresentados os resultados da regressão depois da eliminação dos espúrios.

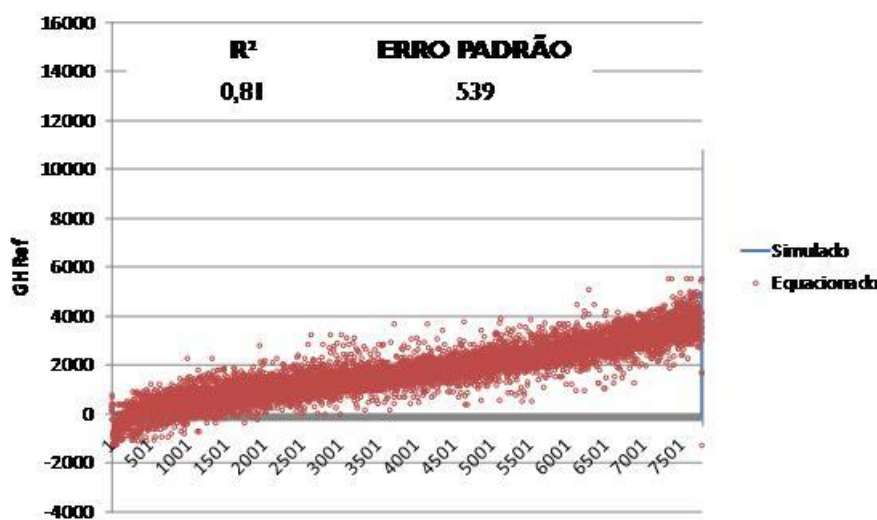


Figura 08 - Eliminação dos casos espúrios, depois do corte

Apesar de ter reduzido o valor de R^2 , o erro padrão foi reduzido, e a aderência dos valores preditos para os reais, simulados, foi melhorada.

3.3. Equações

3.3.1. Coeficientes de determinação e desvios padrões

Na tabela 02, a seguir, é apresentado um resumo das regressões para cada uma das zonas bioclimáticas avaliadas. São listados os coeficientes de determinação, R^2 , os erros padrões e os valores máximos e mínimos encontrados na base. O R^2 indica a qualidade da regressão, indicando o nível de precisão da variável predita na variação das variáveis predictoras. Seu valor está no intervalo de 0 a 1, quanto maior, mais precisa é a regressão. O valor de R^2 representa o percentual de casos preditos dentro do intervalo do erro padrão.

Tabela 02 - Resumo das regressões para todas as Zonas Bioclimáticas

	R^2	Erro Padrão	Valor MÁX	Valor MÍN	
ZB1	Indicador de Graus hora para Resfriamento	0,42	105	6192	0
	Indicador de Consumo para Aquecimento	0,64	485	19000	0
	Indicador de Consumo para Refrigeração	0,84	2939	83499	3358
ZB2	Indicador de Graus hora para Resfriamento	0,82	966	21974	225
	Indicador de Consumo para Aquecimento	0,76	3511	79911	410
	Indicador de Consumo para Refrigeração	0,84	3678	77954	1174
ZB3	Indicador de Graus hora para Resfriamento	0,80	452	10345	0
	Indicador de Consumo para Aquecimento	0,87	2281	54871	1497
	Indicador de Consumo para Refrigeração	0,79	1282	32145	1229
ZB4	Indicador de Graus hora para Resfriamento	0,63	522	14816	0
	Indicador de Consumo para Aquecimento	0,71	2488	68704	4
	Indicador de Consumo para Refrigeração	0,78	989	29188	43
ZB6	Indicador de Graus hora para Resfriamento	0,78	1642	27362	0
	Indicador de Consumo para Refrigeração	0,81	4368	107545	2125
ZB7	Indicador de Graus hora para Resfriamento	0,77	2534	45686	6509
	Indicador de Consumo para Refrigeração	0,91	5581	173233	16162
ZB8	Indicador de Graus hora para Resfriamento	0,81	1421	30956	2053
	Indicador de Consumo para Refrigeração	0,88	4971	144570	10070

O valor de R^2 pode ser lido como o percentual predito dentro do intervalo do erro padrão, por exemplo, no caso da ZB3 no indicador de graus hora de resfriamento o R^2 de 0,8 significa que 80% dos casos preditos possuem variação de até 452°C.h de resfriamento do valor real, simulado, contido na base de dados.

Os valores de R^2 encontrados para cada indicador também serviram de parâmetro para determinar se o indicador seria adequado para ser utilizado em cada zona bioclimática. Na tentativa de adotar um indicador de consumo de aquecimento para os climas quentes das ZBs 6, 7 e 8, os valores de R^2 para foram quase nulos, impossibilitando a adoção de uma equação para determinação de tal parâmetro.

A equação para determinação do indicador de graus hora para resfriamento da Zona Bioclimática 1 (GHR/ZB1) obteve um valor de R^2 muito baixo, 0,42. Sua análise e equação

foi desenvolvida e esta presentes neste relatório, porém a adoção desta equação para o método prescritivo de determinação do nível de eficiência não é recomendada.

3.3.2. Equações Zona Bioclimática 1: Curitiba – TRY

3.3.2.1. Indicador de Graus hora para resfriamento – ZB1

A regressão para predição do indicador de Graus hora para resfriamento para zona bioclimática 1 (GHR-ZB1) resultou na equação 02, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 3, abaixo

Tabela 3. Resumo da regressão de Graus hora de Refrigeração - ZB1

	Valor
R múltiplo	0.6908
R ² múltiplo	0.4772
R ² ajustado	0.4766
F(41,7345)	708.9154
p	0.0000
Erro padrão	105.2659

O Gráfico da figura 09 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

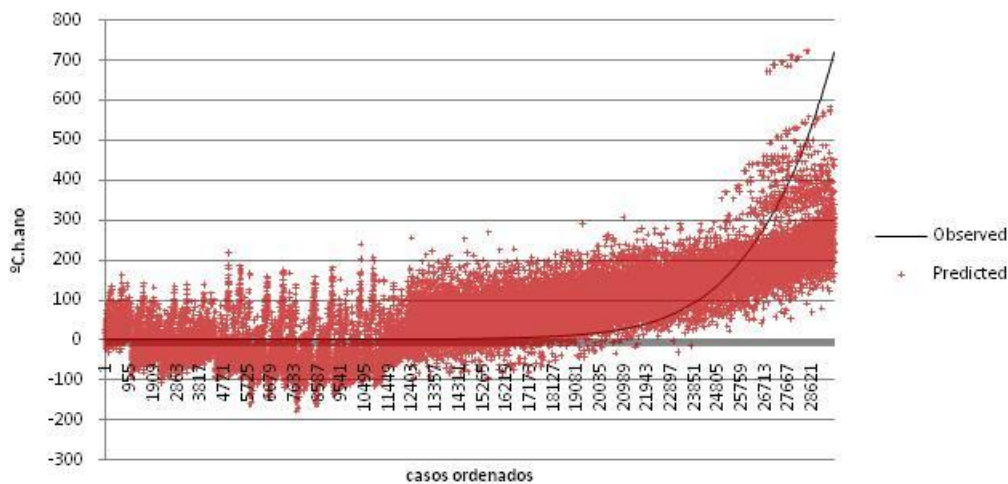


Figura 09 – aderência dos casos preditos aos simulados para GHR/ZB1

Foram consideradas 38 variáveis para a predição do GHR-ZB1, 46% das variáveis utilizadas. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 4, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 4. Parâmetros da regressão de Graus hora de Refrigeração - ZB1

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(29509)	p-level
Intercept			94.0522	9.29642	10.1170	0.000000
CTBaixa	0.380023	0.006325	123.0188	2.04745	60.0837	0.000000
PD/AUAmb	0.131923	0.014042	164.3781	17.49599	9.3952	0.000000
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.201119	0.008973	2.6353	0.11757	22.4135	0.000000
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	0.177873	0.005024	3.0564	0.08633	35.4054	0.000000
somb	-0.206284	0.006376	-66.6721	2.06088	-32.3513	0.000000
CTCOB	-0.206224	0.006073	-0.0607	0.00179	-33.9570	0.000000
aCOB	0.099468	0.013697	56.9221	7.83801	7.2623	0.000000
AAbO*semSombra	0.098356	0.006425	9.1358	0.59683	15.3072	0.000000
ISOL	-0.112851	0.014952	-32.8413	4.35119	-7.5477	0.000000
solo	-0.164478	0.007907	-54.3782	2.61405	-20.8023	0.000000
AbS	-0.040733	0.011276	-13.7824	3.81525	-3.6125	0.000304
(Upar*aPar/Ctpar)*SomApar	0.060838	0.005736	0.2637	0.02486	10.6064	0.000000
Fvent	-0.049756	0.005397	-35.9380	3.89784	-9.2200	0.000000
CTPAR	-0.138962	0.010310	-0.0441	0.00327	-13.4779	0.000000
pil	-0.058728	0.005137	-19.2971	1.68793	-11.4324	0.000000
cob*AUAmb	-0.126341	0.011277	-0.9075	0.08100	-11.2030	0.000000
VID	-0.055512	0.004256	-16.1623	1.23913	-13.0433	0.000000
cob	0.142380	0.014968	50.8387	5.34466	9.5121	0.000000
AbO	0.065037	0.011784	21.8479	3.95872	5.5189	0.000000
AAbN*sombra	0.103895	0.007211	5.4197	0.37614	14.4089	0.000000
AUAmb	-0.156942	0.009487	-0.8241	0.04982	-16.5423	0.000000
PD	0.057535	0.010615	6.9951	1.29054	5.4203	0.000000
solo*AUAmb	0.061840	0.007908	0.4141	0.05296	7.8196	0.000000
AAbL*Fvent	0.068460	0.008869	5.4487	0.70591	7.7187	0.000000
APambN*aPar	-0.004082	0.010113	-0.1569	0.38858	-0.4037	0.686445
APambL*Upar*aPar	0.098704	0.013571	2.4596	0.33818	7.2730	0.000000
AfambL*UPar	-0.071744	0.013486	-1.0187	0.19149	-5.3198	0.000000
AAbS*sombra	0.041777	0.007875	2.2785	0.42948	5.3052	0.000000
AAbO*sombra	0.057138	0.008371	2.9537	0.43272	6.8261	0.000000
APambS*Upar*aPar	0.019106	0.005336	0.4732	0.13217	3.5807	0.000343
aPAR	0.020454	0.006852	15.3256	5.13407	2.9851	0.002837
CTAlta	0.053248	0.009464	16.2345	2.88533	5.6266	0.000000
UPAR	-0.064166	0.015380	-12.2883	2.94544	-4.1720	0.000030
AAbS*Fvent	0.032076	0.009915	2.6390	0.81568	3.2353	0.001217
APambO*Upar*aPar	0.070436	0.013406	1.7745	0.33773	5.2541	0.000000
AfambO*UPar	-0.053647	0.013364	-0.7678	0.19126	-4.0144	0.000060
PambN	0.071592	0.015098	22.1077	4.66221	4.7419	0.000002
AbN	-0.047098	0.012744	-15.7841	4.27089	-3.6957	0.000220

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 02 para determinação do indicador de graus hora de resfriamento para ZB1:

$$\begin{aligned}
GH_R = & (a) + (b \cdot CT_{baixa}) + (c \cdot PD/AU_{amb}) + (d \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + [e \cdot \\
& (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + (f \cdot somb) + (g \cdot CT_{cob}) + (h \cdot \alpha_{cob}) \\
& + (i \cdot AAb_O \cdot semsombra) + (j \cdot isol) + (k \cdot solo) + (l \cdot Ab_S) \\
& + [m \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par}/CT_{par}) \cdot SomA_{par}] + (n \cdot F_{vent}) + (o \cdot CT_{par}) + (p \cdot pil) \\
& + (q \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (r \cdot vid) + (s \cdot cob) + (t \cdot Ab_O) \\
& + (u \cdot AAb_N \cdot sombra) + (v \cdot AU_{amb}) + (w \cdot PD) + (x \cdot solo \cdot AU_{amb}) \\
& + (y \cdot AAb_L \cdot F_{vent}) + (z \cdot AP_{ambN} \cdot \alpha_{par}) + (aa \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) \\
& + (ab \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par}) + (ac \cdot AAb_S \cdot sombra) + (ad \cdot AAb_O \cdot sombra) \\
& + (ae \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (af \cdot \alpha_{par}) + (ag \cdot CT_{alta}) + (ah \cdot U_{par}) \\
& + (ai \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) + (aj \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (ak \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par}) \\
& + (al \cdot P_{ambN}) + (am \cdot Ab_N)
\end{aligned}$$

Equação 02 –
indicador de
graus-hora
para
resfriamento
da ZB1

Onde,

a= 94,0522	k= -54,3782	u= 5,4197	ae= 0,4732
b= 123,0188	l= -13,7824	v= -0,8241	af= 15,3256
c= 164,3781	m= 0,2637	w= 6,9951	ag= 16,2345
d= 2,6353	n= -35,9380	x= 0,4141	ah= -12,2883
e= 3,0564	o= -0,0441	y= 5,4487	ai= 2,6390
f= -66,6721	p= -19,2971	z= -0,1569	aj= 1,7745
g= -0,0607	q= -0,9075	aa= 2,4596	ak= -0,7678
h= 56,9221	r= -16,1623	ab= -1,0187	al= 22,1077
i= 9,1358	s= 50,8387	ac= 2,2785	am= -15,7841
j= -32,8413	t= 21,8479	ad= 2,9537	

3.3.2.2. Indicador de consumo relativo para Aquecimento – ZB1

A regressão para predição do indicador de consumo relativo para aquecimento para zona bioclimática 1 (CA-ZB1) resultou na equação 03, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 5, abaixo

Tabela 5. Resumo da regressão de Consumo de Aquecimento - ZB1

	Valor
R múltiplo	0.919
R ² múltiplo	0.844
R ² ajustado	0.844
F(41,7345)	2050.272
p	0.000
Erro padrão	2939.925

O Gráfico da figura 10 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

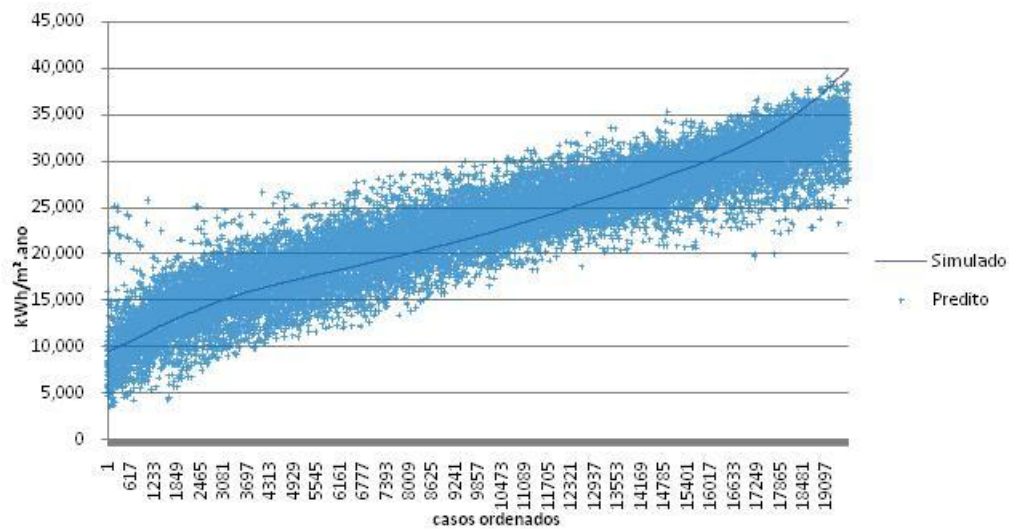


Figura 10 – aderência dos casos preditos aos simulados para CA/ZB1

Foram consideradas 52 variáveis para a predição do CA-ZB1, 63% das variáveis utilizadas. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 6, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 6. Parâmetros da regressão de Consumo de Aquecimento - ZB1

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(19646)	p-level
Intercept			23935.28	1255.680	19.0616	0.000000
AUAmb	-2.57306	0.235434	-898.70	82.231	-10.9290	0.000000
piI	0.50915	0.005450	8743.87	93.596	93.4218	0.000000
UPAR	0.22501	0.010396	2226.75	102.879	21.6444	0.000000
solo	0.42610	0.003493	7212.96	59.130	121.9854	0.000000
CTPAR	-0.01830	0.007973	-0.30	0.129	-2.2953	0.021726
PambS	0.21737	0.009419	3357.11	145.472	23.0774	0.000000
UCOB	0.27960	0.008569	4872.81	149.337	32.6295	0.000000
PD*AUAmb	1.78624	0.214232	256.46	30.758	8.3379	0.000000
CTBaixa	0.16597	0.004292	2697.47	69.749	38.6738	0.000000
aPAR	-0.11007	0.005248	-4177.07	199.145	-20.9751	0.000000
CTCOB	-0.13209	0.003805	-2.10	0.060	-34.7176	0.000000
PambL	0.24911	0.009193	3837.88	141.636	27.0969	0.000000
VID	-0.04912	0.006695	-731.36	99.676	-7.3374	0.000000
APambO	0.08168	0.013211	89.65	14.499	6.1830	0.000000
somb	0.07059	0.004103	1141.28	66.341	17.2030	0.000000
AAbS	0.24002	0.014696	693.57	42.467	16.3318	0.000000
AAbN*Fvent	-0.24231	0.014126	-1148.51	66.956	-17.1532	0.000000
CTAlta	-0.10102	0.006342	-1571.51	98.653	-15.9296	0.000000
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	0.08022	0.003667	30.40	1.389	21.8761	0.000000
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	-0.04475	0.008757	-31.51	6.166	-5.1103	0.000000
AfambN*UPar	0.23616	0.009625	169.15	6.894	24.5352	0.000000
APambN*UPar*aPar	-0.20864	0.010737	-255.39	13.143	-19.4312	0.000000
AAbO*Fvent	-0.22576	0.014411	-1065.16	67.996	-15.6650	0.000000
(UPar*aPar/Ctpar)*SomApar	0.03825	0.004140	7.43	0.804	9.2383	0.000000
Fvent	0.06036	0.007508	2233.74	277.840	8.0397	0.000000
cob*AUAmb	0.01784	0.008556	8.18	3.923	2.0848	0.037102
aCOB	-0.16605	0.010002	-4568.73	275.203	-16.6013	0.000000
cob	0.17098	0.015019	2994.58	263.051	11.3840	0.000000
APambO*aPar	-0.09350	0.010178	-168.10	18.300	-9.1858	0.000000
AfambS*UPar	0.21974	0.014936	162.10	11.018	14.7119	0.000000
APambS*UPar*aPar	-0.16990	0.014652	-209.69	18.083	-11.5959	0.000000
APambS	-0.15612	0.017087	-170.64	18.675	-9.1371	0.000000
AAbL*Fvent	-0.21620	0.014075	-1026.85	66.849	-15.3608	0.000000
AAbS*Fvent	-0.18098	0.014043	-880.12	68.294	-12.8872	0.000000
AAbO*sombra	0.04034	0.006121	127.52	19.351	6.5898	0.000000
AAbL	0.16310	0.014370	459.16	40.454	11.3500	0.000000
SomAparExt*Ctpar	-0.04674	0.005777	-0.03	0.004	-8.0919	0.000000
PambO	0.16251	0.013832	2505.04	213.213	11.7490	0.000000
APambS*aPar	0.11493	0.015716	204.37	27.946	7.3131	0.000000
piI*AUAmb	0.03347	0.005638	14.07	2.369	5.9373	0.000000
APambN*aPar	0.04242	0.006725	76.55	12.135	6.3081	0.000000
APambL*aPar	-0.06523	0.007965	-117.11	14.302	-8.1885	0.000000
AbO	-0.05989	0.009553	-1027.61	163.923	-6.2688	0.000000
AAbN*sombra	0.10881	0.012609	344.22	39.887	8.6298	0.000000
ISOL	-0.04554	0.009962	-678.94	148.532	-4.5710	0.000005
AAbS*Uvid	-0.06745	0.005775	-250.19	21.422	-11.6788	0.000000
AAbL*Uvid	-0.06079	0.005681	-223.21	20.859	-10.7006	0.000000
AAbO*Uvid	-0.06148	0.005623	-226.69	20.731	-10.9346	0.000000
AAbN*Uvid	-0.05152	0.005602	-191.08	20.778	-9.1963	0.000000
PD	-0.31955	0.073050	-1940.67	443.643	-4.3744	0.000012
AAbO	0.11359	0.016533	318.58	46.371	6.8703	0.000000
AAbN*semSombra	0.05579	0.008891	283.35	45.157	6.2747	0.000000

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 03 para determinação do indicador de consumo relativo para aquecimento para ZB1.

$$\begin{aligned}
C_A = & [(a) + (b \cdot AU_{amb}) + (c \cdot pil) + (d \cdot U_{par}) + (e \cdot solo) + (f \cdot CT_{par}) \\
& + (g \cdot P_{ambS}) + (h \cdot U_{cob}) + (i \cdot PD \cdot AU_{amb}) + (j \cdot CT_{baixa}) + (k \cdot \alpha_{par}) \\
& + (l \cdot CT_{cob}) + (m \cdot P_{ambL}) + (n \cdot vid) + (o \cdot AP_{ambO}) + (p \cdot somb) \\
& + (q \cdot AAb_S) + (r \cdot AAb_N \cdot F_{vent}) + (s \cdot CT_{alta}) \\
& + [t \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + (u \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) \\
& + (v \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par}) + (w \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (x \cdot AAb_O \cdot F_{vent}) \\
& + [y \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par}/CT_{par}) \cdot SomA_{par}] + (z \cdot F_{vent}) + (aa \cdot cob \cdot AU_{amb}) \\
& + (ab \cdot \alpha_{cob}) + (ac \cdot cob) + (ad \cdot AP_{ambO} \cdot \alpha_{par}) + (ae \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par}) \\
& + (af \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (ag \cdot AP_{ambS}) + (ah \cdot AAb_L \cdot F_{vent}) \\
& + (ai \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) + (aj \cdot AAb_O \cdot sombra) + (ak \cdot AAb_L) \\
& + (al \cdot SomA_{parExt} \cdot CT_{par}) + (am \cdot P_{ambO}) + (an \cdot AP_{ambS} \cdot \alpha_{par}) \\
& + (ao \cdot pil \cdot AU_{amb}) + (ap \cdot AP_{ambN} \cdot \alpha_{par}) + (aq \cdot AP_{ambL} \cdot \alpha_{par}) + (ar \cdot Ab_O) \\
& + (as \cdot AAb_N \cdot sombra) + (at \cdot isol) + (au \cdot AAb_S \cdot U_{vid}) \\
& + (av \cdot AAb_L \cdot U_{vid}) + (aw \cdot AAb_O \cdot U_{vid}) + (ax \cdot AAb_N \cdot U_{vid}) + (ay \cdot PD) + (az \cdot \\
& AAb_O) + (ba \cdot AAb_N \cdot semsombra)]/1000
\end{aligned}$$

Equação 03
– consumo
relativo para
aquecimento
da ZB1

Onde,

a= 23935,2774	o= 89,6455	ac= 2994,5794	aq= -117,1083
b= -898,7004	p= 1141,2758	ad= -168,1011	ar= -1027,6055
c= 8743,8729	q= 693,5680	ae= 162,0974	as= 344,2214
d= 2226,7538	r= -1148,5132	af= -209,6895	at= -678,9429
e= 7212,9638	s= -1571,5091	ag= -170,6364	au= -250,1852
f= -0,2956	t= 30,3958	ah= -1026,8544	av= -223,2059
g= 3357,1117	u= -31,5078	ai= -880,1157	aw= -226,6863
h= 4872,8117	v= 169,1512	aj= 127,5221	ax= -191,0808
i= 256,4598	w= -255,3892	ak= 459,1559	ay= -1940,6707
j= 2697,4714	x= -1065,1587	al= -0,0316	az= 318,5793
k= -4177,0659	y= 7,4253	am= 2505,0372	ba= 283,3476
l= -2,0976	z= 2233,7447	an= 204,3740	
m= 3837,8849	aa= 8,1783	ao= 14,0669	
n= -731,3574	ab= -4568,7286	ap= 76,5506	

3.3.2.3. Indicador de consumo relativo para Refrigeração – ZB1

A regressão para predição do indicador de consumo relativo para refrigeração para zona bioclimática 1 (CR-ZB1) resultou na equação 04, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 7, abaixo

Tabela 7. Resumo da regressão de Consumo de Refrigeração - ZB1

	Valor
R múltiplo	0.8061
R ² múltiplo	0.6498
R ² ajustado	0.6488
F(41,7345)	687.6731
p	0.0000
Erro padrão	485.3810

O Gráfico da figura 11 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

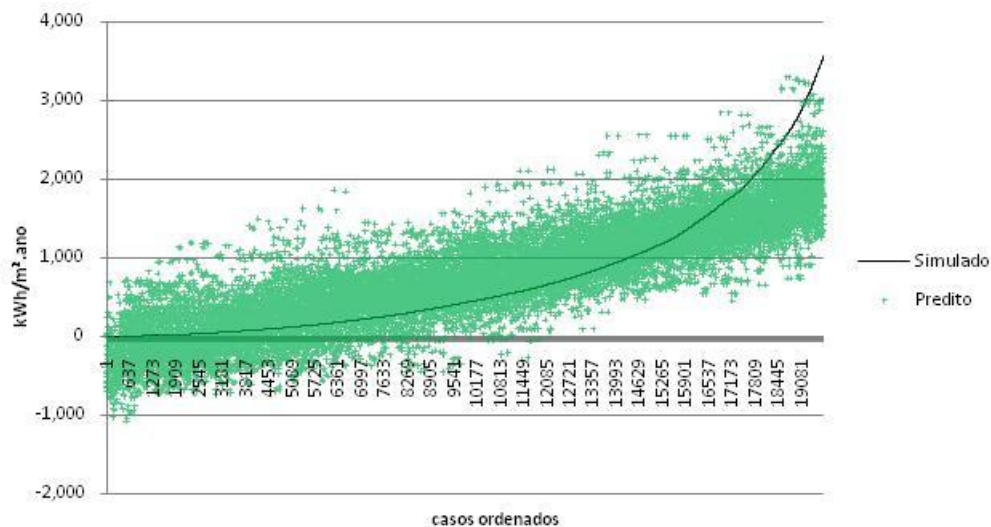


Figura 11 – aderência dos casos preditos aos simulados para CR/ZB1

Foram consideradas 53 variáveis para a predição do CR-ZB1, 64% das variáveis utilizadas. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 8, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 8. Parâmetros da regressão de Consumo de Refrigeração - ZB1

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(19645)	p-level
Intercept			1101.223	106.7023	10.3205	0.000000
PD/AUAmb	0.18383	0.098991	1197.104	644.6315	1.8570	0.063321
somb	-0.39255	0.009816	-733.350	18.3381	-39.9906	0.000000
solo	-0.44662	0.008838	-855.029	16.9188	-50.5374	0.000000
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.28551	0.013821	22.158	1.0726	20.6579	0.000000
aPAR	0.14057	0.007860	596.171	33.3360	17.8837	0.000000
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	-0.16651	0.005733	-6.682	0.2301	-29.0426	0.000000
AAbL*Fvent	0.32338	0.019417	177.277	10.6444	16.6545	0.000000
CTAlta	-0.29335	0.009740	-517.271	17.1749	-30.1179	0.000000
AbO	0.09073	0.013994	172.857	26.6589	6.4840	0.000000
ISOL	0.04210	0.015779	68.968	25.8506	2.6680	0.007638
AparInt	0.63275	0.115325	28.355	5.1680	5.4867	0.000000
(Upar*aPar/Ctpar)*SomApar	-0.23943	0.007108	-4.041	0.1200	-33.6843	0.000000
PD	-0.57206	0.181722	-381.626	121.2280	-3.1480	0.001646
pil	-0.13573	0.009117	-251.224	16.8741	-14.8881	0.000000
cob*AUAmb	-0.08814	0.014357	-4.190	0.6826	-6.1392	0.000000
aCOB	0.22690	0.015208	695.345	46.6049	14.9200	0.000000
SomApar	0.61575	0.093636	39.858	6.0612	6.5759	0.000000
APambL*Upar*aPar	0.39861	0.025215	52.748	3.3367	15.8084	0.000000
APambO*Upar*aPar	0.30261	0.021784	40.416	2.9095	13.8912	0.000000
UCOB	-0.01931	0.013796	-37.615	26.8704	-1.3999	0.161564
CTCOB	0.08042	0.005626	0.147	0.0103	14.2950	0.000000
AfambL*UPar	-0.25557	0.026025	-19.003	1.9351	-9.8201	0.000000
AAbo*semSombra	0.02491	0.006724	17.328	4.6782	3.7041	0.000213
solo*AUAmb	0.09191	0.008597	5.218	0.4880	10.6915	0.000000
AfambO*UPar	-0.17523	0.020000	-13.113	1.4968	-8.7612	0.000000
AAbN*sombra	0.10618	0.012950	35.046	4.2740	8.1997	0.000000
APambL*aPar	-0.14163	0.024183	-28.155	4.8076	-5.8564	0.000000
APambO*aPar	-0.12059	0.017012	-23.957	3.3797	-7.0886	0.000000
CTPAR	0.26522	0.017680	0.497	0.0332	15.0017	0.000000
AparInt*Ctpar	-0.10634	0.012548	-0.004	0.0005	-8.4746	0.000000
cob	-0.21882	0.024025	-419.670	46.0778	-9.1079	0.000000
UPAR	0.11772	0.016728	126.568	17.9861	7.0369	0.000000
AAbL*sombra	0.08999	0.011257	31.159	3.8977	7.9940	0.000000
SomAparExt*Ctpar	-0.04770	0.008838	-0.004	0.0007	-5.3971	0.000000
CTBaixa	0.03613	0.006868	61.714	11.7305	5.2610	0.000000
AbL	0.05056	0.010959	97.014	21.0284	4.6135	0.000004
pil*AUAmb	0.03573	0.009591	1.659	0.4453	3.7256	0.000195
AAbS*Uvid	0.02012	0.005619	7.976	2.2276	3.5806	0.000344
AAbN*Fvent	0.24755	0.021581	127.712	11.1339	11.4706	0.000000
AAbN	-0.04425	0.022140	-13.399	6.7042	-1.9986	0.045662
PambO	0.04877	0.016841	82.661	28.5423	2.8961	0.003783
APambL	0.05482	0.026459	6.509	3.1413	2.0720	0.038283
AAbo*Fvent	0.21328	0.021948	113.251	11.6539	9.7178	0.000000
AAbS*Fvent	0.25762	0.021339	131.761	10.9141	12.0726	0.000000
Fvent	-0.12702	0.011276	-521.784	46.3184	-11.2652	0.000000
AUAmb	-1.09959	0.103030	-42.453	3.9777	-10.6725	0.000000
AAbS*semSombra	-0.03436	0.007224	-20.210	4.2488	-4.7566	0.000002
APambS*Upar*aPar	0.11032	0.016631	14.838	2.2371	6.6329	0.000000
APambN*Upar*aPar	0.09066	0.016567	12.297	2.2472	5.4722	0.000000
AfambS*UPar	-0.06590	0.017317	-4.956	1.3023	-3.8054	0.000142
AfambN*UPar	-0.04605	0.017277	-3.478	1.3050	-2.6654	0.007697
AAbo	0.04614	0.019304	14.213	5.9466	2.3901	0.016855
AAbN*Uvid	0.00981	0.005671	3.930	2.2724	1.7295	0.083744

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 04 para determinação do indicador de consumo relativo para refrigeração para ZB1.

$$\begin{aligned}
C_R = & [(a) + (b \cdot PD/AU_{amb}) + (c \cdot somb) + (d \cdot solo) \\
& + (e \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (f \cdot \alpha_{par}) \\
& + [g \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + (h \cdot AAb_L \cdot F_{vent}) + (i \cdot CT_{alta}) \\
& + (j \cdot Ab_O) + (k \cdot isol) + (l \cdot A_{parInt}) + [m \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par}/CT_{par}) \cdot SomA_{par}] + (n \cdot PD) + (o \cdot \\
& pil) + (p \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (q \cdot \alpha_{cob}) + (r \cdot SomA_{par}) \\
& + (s \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (t \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (u \cdot U_{cob}) \\
& + (v \cdot CT_{cob}) + (w \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par}) + (x \cdot AAb_O \cdot semsombra) \\
& + (y \cdot solo \cdot AU_{amb}) + (z \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par}) + (aa \cdot AAb_N \cdot sombra) \\
& + (ab \cdot AP_{ambL} \cdot \alpha_{par}) + (ac \cdot AP_{ambO} \cdot \alpha_{par}) + (ad \cdot CT_{par}) \\
& + (ae \cdot A_{parInt} \cdot CT_{par}) + (af \cdot cob) + (ag \cdot U_{par}) + (ah \cdot AAb_L \cdot sombra) \\
& + (ai \cdot SomA_{parExt} \cdot CT_{par}) + (aj \cdot CT_{baixa}) + (ak \cdot Ab_L) \\
& + (al \cdot pil \cdot AU_{amb}) + (am \cdot AAb_S \cdot U_{vid}) + (an \cdot AAb_N \cdot F_{vent}) \\
& + (ao \cdot AAb_N) + (ap \cdot P_{ambO}) + (aq \cdot AP_{ambL}) + (ar \cdot AAb_O \cdot F_{vent}) \\
& + (as \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) + (at \cdot F_{vent}) + (au \cdot AU_{amb}) \\
& + (av \cdot AAb_S \cdot semsombra) + (aw \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) \\
& + (ax \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (ay \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par}) + (az \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par}) + (ba \cdot AAb_O) \\
& + (bb \cdot AAb_N \cdot U_{vid})/1000
\end{aligned}$$

Equação 04 –
consumo
relativo para
refrigeração
de dormitórios
condicionados
artificialmente
da ZB1

Onde,

a= 1101,2228	o= -251,2238	ac= -23,9570	aq= 6,5087
b= 1197,1042	p= -4,1903	ad= 0,4973	ar= 113,2505
c= -733,3501	q= 695,3448	ae= -0,0039	as= 131,7613
d= -855,0293	r= 39,8582	af= -419,6704	at= -521,7841
e= 22,1584	s= 52,7484	ag= 126,5675	au= -42,4526
f= 596,1712	t= 40,4161	ah= 31,1587	av= -20,2100
g= -6,6822	u= -37,6155	ai= -0,0038	aw= 14,8382
h= 177,2766	v= 0,1475	aj= 61,7138	ax= 12,2968
i= -517,2707	w= -19,0033	ak= 97,0139	ay= -4,9558
j= 172,8572	x= 17,3283	al= 1,6589	az= -3,4782
k= 68,9681	y= 5,2177	am= 7,9761	ba= 14,2126
l= 28,3550	z= -13,1133	an= 127,7117	bb= 3,9299
m= -4,0411	aa= 35,0456	ao= -13,3993	
n= -381,6258	ab= -28,1553	ap= 82,6607	

3.3.3. Equações Zona Bioclimática 2: Santa Maria – SWERA

3.3.3.1. Indicador de Graus hora para resfriamento – ZB2

A regressão para predição do indicador de Graus hora para resfriamento para zona bioclimática 2 (GHR-ZB2) resultou na equação 05, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 9, abaixo

Tabela 9. Resumo da regressão de Graus hora de Refrigeração – ZB2

	Valor
R múltiplo	0.910
R ² múltiplo	0.828
R ² ajustado	0.828
F(41,7345)	3025.629
p	0.000
Erro padrão	966.921

O Gráfico da figura 12 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

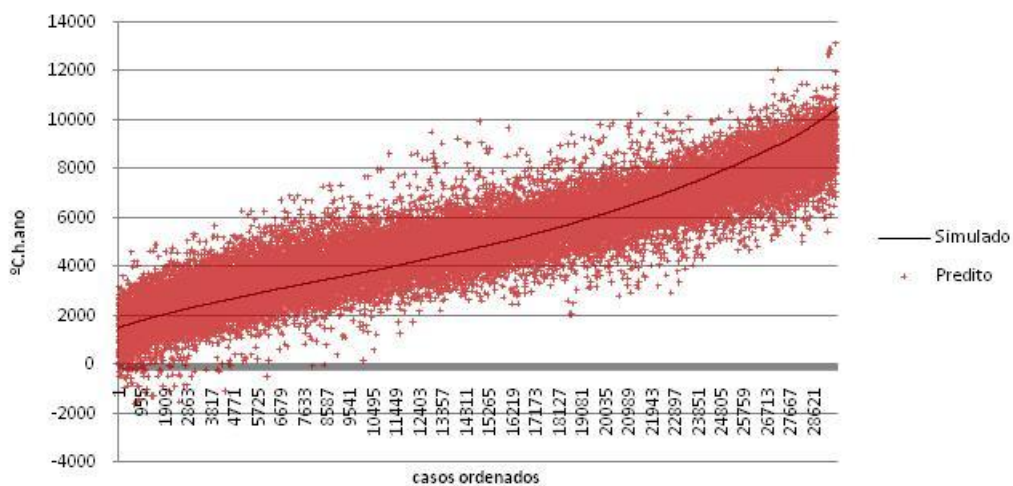


Figura 12 – aderência dos casos preditos aos simulados para GHR/ZB2

Foram consideradas 47 variáveis para a predição do GHR-ZB2, 57% das variáveis utilizadas. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 10, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 10. Parâmetros da regressão de Graus hora de Refrigeração – ZB2

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(29500)	p-level
Intercept			6000.85	89.3154	67.1872	0.000000
CTBaixa	0.468343	0.003595	2386.30	18.3163	130.2825	0.000000
solo*AUAmb	-0.113427	0.004228	-14.39	0.5364	-26.8255	0.000000
somb	-0.457515	0.005247	-2377.32	27.2642	-87.1955	0.000000
UCOB	-0.022057	0.004673	-134.92	28.5868	-4.7198	0.000002
aPAR	0.158124	0.004001	1905.83	48.2196	39.5239	0.000000
UPAR	0.122102	0.009193	374.37	28.1856	13.2822	0.000000
PD/AUAmb	0.286227	0.009039	5560.62	175.5958	31.6672	0.000000
CTAlta	-0.190956	0.004294	-934.74	21.0186	-44.4722	0.000000
AbS	-0.133944	0.007018	-714.86	37.4533	-19.0867	0.000000
aCOB	0.228424	0.004979	2112.57	46.0518	45.8739	0.000000
solo	-0.298487	0.004360	-1614.98	23.5877	-68.4667	0.000000
Fvent	-0.126801	0.003501	-1460.78	40.3346	-36.2166	0.000000
CTCOB	-0.125598	0.003440	-0.59	0.0160	-36.5116	0.000000
SomApar	0.087920	0.006919	17.14	1.3489	12.7066	0.000000
AUAmb	-0.199895	0.005341	-17.48	0.4670	-37.4255	0.000000
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.256383	0.005990	64.37	1.5039	42.8032	0.000000
VID	-0.092943	0.002532	-433.28	11.8015	-36.7135	0.000000
AAbO*semSombra	0.041127	0.003837	61.62	5.7490	10.7179	0.000000
APambL*Upar*aPar	0.105731	0.004112	44.10	1.7152	25.7097	0.000000
APambN*Upar*aPar	0.250226	0.013175	108.60	5.7181	18.9923	0.000000
pil	-0.060273	0.002929	-314.51	15.2832	-20.5788	0.000000
AAbL*semSombra	0.058079	0.004157	84.73	6.0650	13.9710	0.000000
APambO*Upar*aPar	0.087726	0.004907	36.29	2.0297	17.8769	0.000000
(Upar*aPar/Ctpar)*SomApar	-0.058950	0.003381	-4.08	0.2338	-17.4378	0.000000
APambS*Upar*aPar	0.100741	0.007990	40.82	3.2373	12.6078	0.000000
PambN	0.326552	0.012655	1631.26	63.2157	25.8047	0.000000
AbN	-0.177824	0.009219	-965.54	50.0572	-19.2888	0.000000
APambN	-0.057915	0.016533	-21.63	6.1745	-3.5029	0.000461
cob*AUAmb	-0.094209	0.006031	-11.31	0.7238	-15.6208	0.000000
AAbN*Fvent	0.034400	0.006329	43.11	7.9324	5.4351	0.000000
AfambN*UPar	-0.188835	0.013783	-44.42	3.2425	-13.7008	0.000000
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	0.031204	0.002906	7.90	0.7354	10.7372	0.000000
AAbL*sombra	0.099018	0.005082	80.41	4.1272	19.4839	0.000000
AAbO	0.084321	0.005631	63.18	4.2197	14.9731	0.000000
PD	-0.146863	0.008389	-269.46	15.3917	-17.5067	0.000000
AAbS*sombra	0.131977	0.006744	109.25	5.5830	19.5690	0.000000
AAbN*sombra	0.076558	0.005572	63.54	4.6242	13.7396	0.000000
AparInt	0.082077	0.005750	6.29	0.4406	14.2754	0.000000
APambN*aPar	-0.116411	0.013488	-74.65	8.6492	-8.6310	0.000000
AAbS	-0.121244	0.011688	-89.87	8.6633	-10.3734	0.000000
AfambS*UPar	-0.063061	0.008589	-14.27	1.9429	-7.3421	0.000000
AAbS*Fvent	0.053733	0.009333	66.76	11.5956	5.7576	0.000000
ISOL	-0.074749	0.008687	-348.50	40.4988	-8.6051	0.000000
AparInt*Ctpar	-0.033257	0.004757	0.00	0.0003	-6.9910	0.000000
PambO	0.203415	0.012585	1010.65	62.5278	16.1631	0.000000
APambO	-0.158836	0.009934	-58.40	3.6528	-15.9884	0.000000
AbO	-0.081542	0.009515	-441.39	51.5045	-8.5699	0.000000

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 05 para determinação do indicador de graus hora de resfriamento para ZB2.

$$\begin{aligned}
GH_R = & (a) + (b \cdot CT_{baixa}) + (c \cdot solo \cdot AU_{amb}) + (d \cdot somb) + (e \cdot U_{cob}) \\
& + (f \cdot \alpha_{par}) + (g \cdot U_{par}) + (h \cdot PD/AU_{amb}) + (i \cdot CT_{alta}) + (j \cdot Ab_S) + (k \cdot \alpha_{cob}) + (l \cdot \\
& solo) + (m \cdot F_{vent}) + (n \cdot CT_{cob}) + (o \cdot Soma_{par}) + (p \cdot AU_{amb}) \\
& + (q \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (r \cdot vid) + (s \cdot AAb_O \cdot semsombra) \\
& + (t \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (u \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (v \cdot pil) \\
& + (w \cdot AAb_L \cdot semsombra) + (x \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) \\
& + [y \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par}/CT_{par}) \cdot Soma_{par}] + (z \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (aa \cdot P_{ambN}) \\
& + (ab \cdot Ab_N) + (ac \cdot AP_{ambN}) + (ad \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (ae \cdot AAb_N \cdot F_{vent}) \\
& + (af \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par}) + [ag \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] \\
& + (ah \cdot AAb_L \cdot sombra) + (ai \cdot AAb_O) + (aj \cdot PD) + (ak \cdot AAb_S \cdot sombra) \\
& + (al \cdot AAb_N \cdot sombra) + (am \cdot A_{parInt}) + (an \cdot AP_{ambN} \cdot \alpha_{par}) + (ao \cdot AAb_S) + (ap \cdot \\
& AP_{ambS} \cdot U_{par}) + (aq \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) + (ar \cdot isol) \\
& + (as \cdot A_{parInt} \cdot CT_{par}) + (at \cdot P_{ambO}) + (au \cdot AP_{ambO}) + (av \cdot Ab_O)
\end{aligned}$$

Equação 05
– indicador
de graus-
hora para
resfriamento
da ZB2

Onde,

a= 6000,8491	m= -1460,7816	y= -4,0776	ak= 109,2535
b= 2386,2991	n= -0,5852	z= 40,8156	al= 63,5351
c= -14,3895	o= 17,1399	aa= 1631,2619	am= 6,2899
d= -2377,3152	p= -17,4787	ab= -965,5409	an= -74,6509
e= -134,9247	q= 64,3714	ac= -21,6288	ao= -89,8677
f= 1905,8260	r= -433,2762	ad= -11,3058	ap= -14,2651
g= 374,3660	s= 61,6169	ae= 43,1130	aq= 66,7633
h= 5560,6203	t= 44,0963	af= -44,4243	ar= -348,4968
i= -934,7427	u= 108,6003	ag= 7,8959	as= -0,0022
j= -714,8608	v= -314,5094	ah= 80,4137	at= 1010,6465
k= 2112,5740	w= 84,7338	ai= 63,1816	au= -58,4028
l= -1614,9760	x= 36,2855	aj= -269,4569	av= -441,3903

3.3.3.2. Indicador de consumo relativo para aquecimento – ZB2

A regressão para predição do indicador de consumo relativo para aquecimento para zona bioclimática 2 (CA-ZB2) resultou na equação 06, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 11, abaixo

Tabela 11. Resumo da regressão de Consumo para Aquecimento – ZB2

	Valor
R múltiplo	0.918
R ² múltiplo	0.843
R ² ajustado	0.843
F(41,7345)	2862.987
p	0.000
Erro padrão	3678.639

O Gráfico da figura 13 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

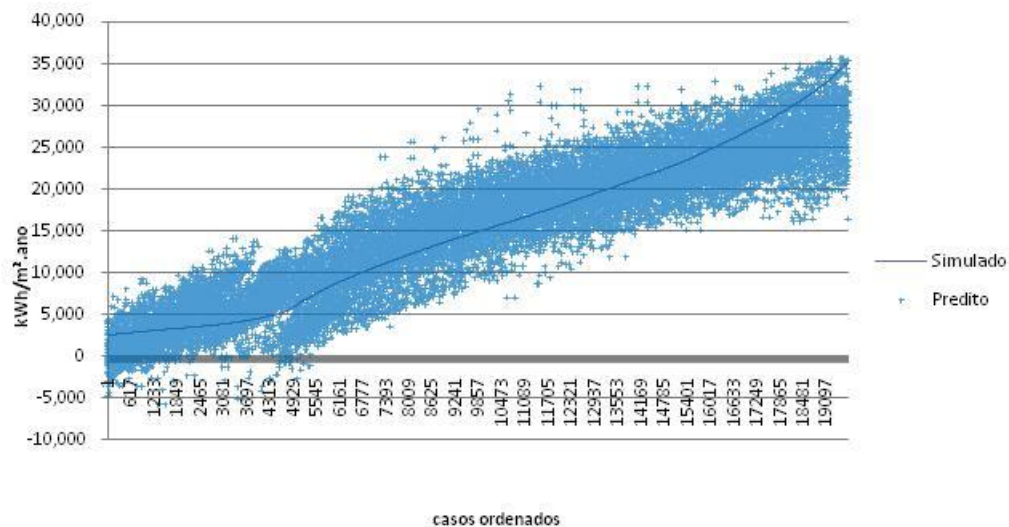


Figura 13 – aderência dos casos preditos aos simulados para CA/ZB2

Foram consideradas 38 variáveis para a predição do CA-ZB2, 46% das variáveis utilizadas. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 12, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 12. Parâmetros da regressão de Consumo para aquecimento – ZB2

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(19661)	p-level
Intercept			30108.0	379.367	79.3637	0.000000
PD*AUamb	-0.837750	0.033431	-157.7	6.293	-25.0589	0.000000
CTBaixa	0.164757	0.004303	3277.6	85.598	38.2906	0.000000
PambS	0.205881	0.008062	3956.3	154.913	25.5387	0.000000
VID	0.154637	0.003149	2872.7	58.506	49.1012	0.000000
pil	0.348929	0.006062	7752.9	134.698	57.5575	0.000000
CTPAR	-0.155458	0.009857	-3.2	0.202	-15.7716	0.000000
solo	0.270871	0.005894	5662.7	123.223	45.9550	0.000000
UCOB	-0.000156	0.008533	-3.3	181.636	-0.0183	0.985389
AparInt	-0.207875	0.031501	-108.1	16.380	-6.5990	0.000000
aPAR	-0.085201	0.004665	-4039.9	221.191	-18.2645	0.000000
CTCOB	-0.113529	0.003744	-2.2	0.073	-30.3242	0.000000
AbN	-0.075747	0.008021	-1629.1	172.514	-9.4435	0.000000
pil*AUamb	-0.151932	0.006857	-79.8	3.601	-22.1566	0.000000
solo*AUamb	-0.127604	0.006587	-67.7	3.495	-19.3734	0.000000
AbO	-0.049810	0.004671	-1065.2	99.894	-10.6629	0.000000
cob	0.368760	0.015180	7968.6	328.029	24.2925	0.000000
(Upar*aPar/Ctpar)*SomApar	0.030153	0.004010	5.8	0.773	7.5188	0.000000
AparInt*Ctpar	0.114820	0.008337	0.0	0.003	13.7717	0.000000
APambS	-0.151816	0.010630	-195.5	13.687	-14.2822	0.000000
cob*AUamb	-0.146506	0.009123	-83.6	5.207	-16.0598	0.000000
aCOB	-0.151426	0.009958	-5105.6	335.760	-15.2061	0.000000
Ucob*aCob*Cob*AUamb	0.097471	0.008036	86.8	7.152	12.1298	0.000000
UPAR	0.065144	0.010104	797.4	123.676	6.4471	0.000000
CTAlta	-0.064385	0.006269	-1266.6	123.328	-10.2706	0.000000
Fvent	-0.025345	0.003525	-1170.9	162.839	-7.1903	0.000000
SomApar	0.026725	0.027985	19.0	19.937	0.9550	0.339597
PambN	-0.115113	0.014177	-2211.6	272.375	-8.1197	0.000000
AAbS*Uvid	-0.024099	0.003874	-105.5	16.959	-6.2202	0.000000
ISOL	0.036660	0.009862	681.0	183.200	3.7175	0.000202
APambN*aPar	-0.056962	0.009410	-124.5	20.565	-6.0530	0.000000
APambN	0.086093	0.015221	113.3	20.028	5.6563	0.000000
AfambS*UPar	0.043785	0.010232	35.6	8.310	4.2794	0.000019
AAbN*sombra	0.013718	0.004595	51.2	17.149	2.9854	0.002835
APambS*UPar*aPar	-0.028421	0.009341	-39.6	13.003	-3.0426	0.002348
AAbO*sombra	0.010719	0.004546	39.5	16.749	2.3581	0.018380
PD/AUamb	-0.312771	0.051212	-21483.3	3517.571	-6.1074	0.000000
PD	0.280296	0.051106	1987.1	362.311	5.4846	0.000000

Com as variáveis predictoras foi elaborada a equação 06 para determinação do CA-ZB2.

$$\begin{aligned}
 C_A = & [(a) + (b \cdot PD \cdot AU_{amb}) + (c \cdot CT_{baixa}) + (d \cdot P_{ambS}) + (e \cdot vid) \\
 & + (f \cdot pil) + (g \cdot CT_{par}) + (h \cdot solo) + (i \cdot U_{cob}) + (j \cdot A_{parInt}) + (k \cdot \alpha_{par}) \\
 & + (l \cdot CT_{cob}) + (m \cdot Ab_N) + (n \cdot pil \cdot AU_{amb}) + (o \cdot solo \cdot AU_{amb}) \\
 & + (p \cdot Ab_O) + (q \cdot cob) + [r \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par} / CT_{par}) \cdot SomA_{par}] \\
 & + (s \cdot A_{parInt} \cdot CT_{par}) + (t \cdot AP_{ambS}) + (u \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (v \cdot \alpha_{cob}) \\
 & + (w \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (x \cdot U_{par}) + (y \cdot CT_{alta}) + (z \cdot F_{vent}) \\
 & + (aa \cdot SomA_{par}) + (ab \cdot P_{ambN}) + (ac \cdot AAb_S \cdot U_{vid}) + (ad \cdot isol) \\
 & + (ae \cdot AP_{ambN} \cdot \alpha_{par}) + (af \cdot AP_{ambN}) + (ag \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par}) \\
 & + (ah \cdot AAb_N \cdot sombra) + (ai \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) \\
 & + (aj \cdot AAb_O \cdot sombra) + (ak \cdot PD/AU_{amb}) + (al \cdot PD)]/1000
 \end{aligned}$$

Equação 06 -
consumo
relativo para
aquecimento
da ZB2

Onde,

a= 30107,9526	k= -4039,9473	u= -83,6195	ae= -124,4789
b= -157,7004	l= -2,2231	v= -5105,5919	af= 113,2843
c= 3277,5934	m= -1629,1328	w= 86,7578	ag= 35,5632
d= 3956,2666	n= -79,7763	x= 797,3508	ah= 51,1963
e= 2872,7146	o= -67,7176	y= -1266,6473	ai= -39,5629
f= 7752,8889	p= -1065,1594	z= -1170,8710	aj= 39,4953
g= -3,1808	q= 7968,6373	aa= 19,0399	ak= -21483,2821
h= 5662,6982	r= 5,8120	ab= -2211,6144	al= 1987,1453
i= -3,3264	s= 0,0446	ac= -105,4900	
j= -108,0942	t= -195,4758	ad= 681,0386	

3.3.3.3. Indicador de consumo relativo para refrigeração – ZB2

A regressão para predição do indicador de consumo relativo para refrigeração para zona bioclimática 2 (CR-ZB2) resultou na equação 07, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 13, abaixo

Tabela 13. Resumo da regressão de Consumo para Refrigeração – ZB2

	Valor
R múltiplo	0.876
R ² múltiplo	0.767
R ² ajustado	0.767
F(41,7345)	2400.450
p	0.000
Erro padrão	3511.878

O Gráfico da figura 14 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

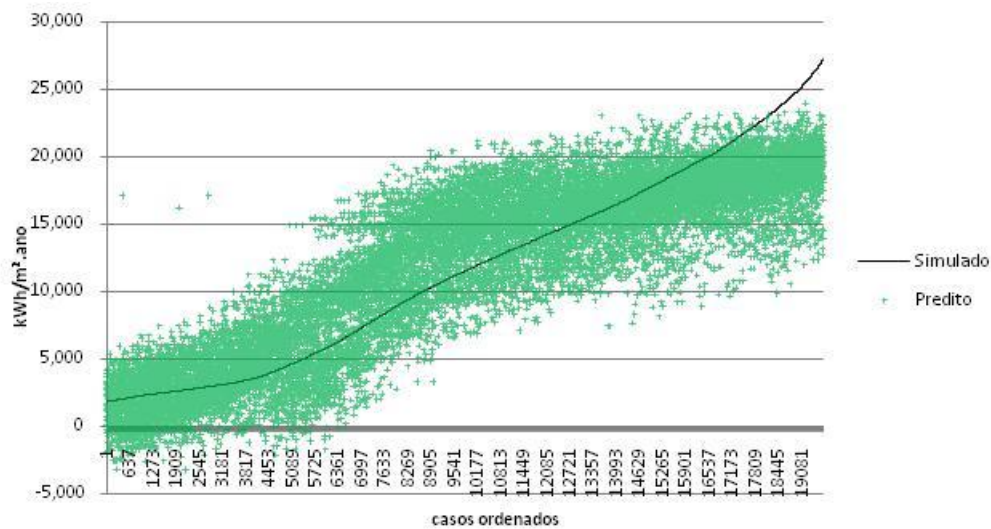


Figura 14 – aderência dos casos preditos aos simulados para CR/ZB2

Foram consideradas 27 variáveis para a predição do CR-ZB2. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 15, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 15. Parâmetros da regressão de Consumo para Refrigeração – ZB2

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(19671)	p-level
Intercept			21176.67	270.339	78.3337	0.000000
AUAmb	-0.455843	0.041922	-155.99	14.345	-10.8737	0.000000
solo	-0.467107	0.006322	-7917.89	107.163	-73.8865	0.000000
somb	-0.174643	0.004523	-2881.37	74.617	-38.6153	0.000000
CTBaixa	-0.157041	0.005090	-2379.92	77.144	-30.8504	0.000000
AbS	-0.034583	0.005638	-572.93	93.409	-6.1336	0.000000
solo*UAmb	0.170234	0.006070	87.71	3.128	28.0436	0.000000
aPAR	0.119939	0.003871	4518.68	145.852	30.9813	0.000000
AparInt*Ctpar	0.000798	0.006480	0.00	0.002	0.1231	0.902030
Ucob*aCob*Cob*UAmb	0.129660	0.007604	82.62	4.846	17.0506	0.000000
AAbL	0.099629	0.009121	262.61	24.042	10.9232	0.000000
(Ucob*aCob/CTcob)*UAmb	-0.029103	0.004435	-10.32	1.573	-6.5622	0.000000
AparInt	-0.317342	0.022584	-127.35	9.063	-14.0514	0.000000
CTAlta	-0.115260	0.006177	-1792.45	96.055	-18.6606	0.000000
UPAR	0.065486	0.003933	626.97	37.656	16.6498	0.000000
(Upar*aPar/Ctpar)*SomApar	-0.078619	0.004802	-11.79	0.720	-16.3714	0.000000
PD/AUAmb	0.377090	0.035899	20871.33	1986.939	10.5043	0.000000
pil	-0.056556	0.004138	-932.07	68.190	-13.6687	0.000000
SomApar	-0.163870	0.017499	-92.72	9.901	-9.3645	0.000000
AAbL*Uvid	-0.044882	0.004680	-155.05	16.168	-9.5900	0.000000
CTCOB	0.058625	0.004473	0.99	0.075	13.1066	0.000000
UCOB	-0.058332	0.006217	-974.52	103.868	-9.3823	0.000000
cob*UAmb	-0.063553	0.007179	-26.15	2.954	-8.8527	0.000000
PambO	0.045133	0.005346	681.07	80.678	8.4418	0.000000
AAbN*sombra	0.069871	0.005621	203.71	16.387	12.4311	0.000000
AbL	0.076706	0.008897	1289.10	149.519	8.6217	0.000000
AABo	0.046232	0.006155	123.16	16.397	7.5112	0.000000
AAbL*semSombra	-0.032177	0.004353	-167.02	22.594	-7.3924	0.000000

Com a definição das variáveis predictoras e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 07 para determinação do indicador consumo relativo para refrigeração para ZB2.

$$C_R = [(a) + (b \cdot AU_{amb}) + (c \cdot solo) + (d \cdot somb) + (e \cdot CT_{baixa}) + (f \cdot Ab_S) + (g \cdot solo \cdot AU_{amb}) + (h \cdot \alpha_{par}) + (i \cdot A_{parInt} \cdot CT_{par}) + (j \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (k \cdot AAb_L) + [l \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob} / CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + (m \cdot A_{parInt}) + (n \cdot CT_{alta}) + (o \cdot U_{par}) + [p \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par} / CT_{par}) \cdot SomA_{par}] + (q \cdot PD / AU_{amb}) + (r \cdot pil) + (s \cdot SomA_{par}) + (t \cdot AAb_L \cdot U_{vid}) + (u \cdot CT_{cob}) + (v \cdot U_{cob}) + (w \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (x \cdot P_{ambO}) + (y \cdot AAb_N \cdot sombra) + (z \cdot Ab_L) + (aa \cdot AAb_O) + (ab \cdot AAb_L \cdot semsombra)] / 1000$$

Equação 07 – consumo relativo para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB2

Onde,

a= 21176,6696	h= 4518,6842	o= 626,9717	v= -974,5179
b= -155,9869	i= 0,0002	p= -11,7921	w= -26,1485
c= -7917,8896	j= 82,6236	q= 20871,3251	x= 681,0701
d= -2881,3739	k= 262,6133	r= -932,0711	y= 203,7104
e= -2379,9231	l= -10,3223	s= -92,7200	z= 1289,0986
f= -572,9335	m= -127,3520	t= -155,0533	aa= 123,1575
g= 87,7119	n= -1792,4483	u= 0,9863	ab= -167,0240

3.3.4. Equações Zona Bioclimática 3: Florianópolis - TRY

3.3.4.1. Indicador de Graus hora para resfriamento - ZB3

A regressão para predição do indicador de Graus hora para resfriamento para zona bioclimática 3 (GHR-ZB3) resultou na equação 08, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 16, abaixo

Tabela 16. Resumo da regressão de Graus hora de Refrigeração - ZB3

	Valor
R múltiplo	0.8976
R ² múltiplo	0.8056
R ² ajustado	0.8045
F(41,7345)	742.5247
p	0.0000
Erro padrão	452.3085

O Gráfico da figura 14 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

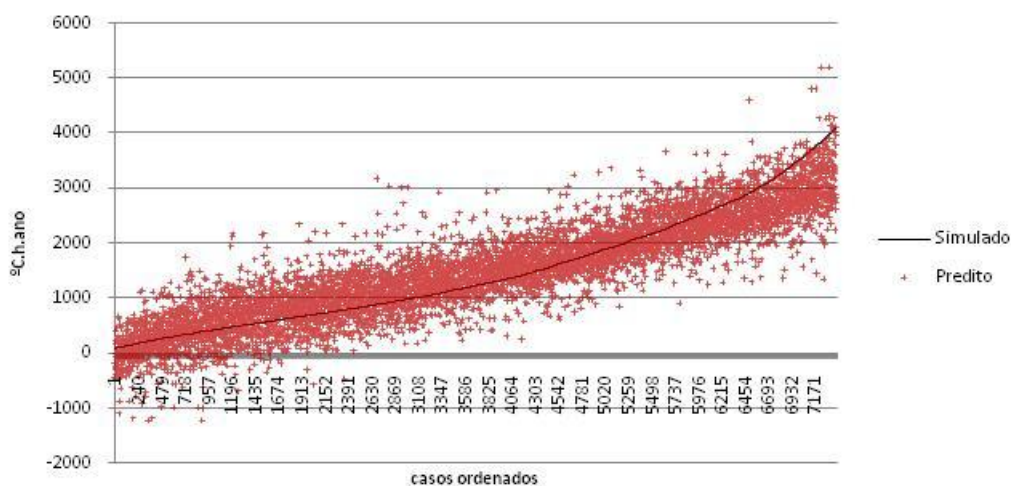


Figura 14 – aderência dos casos preditos aos simulados para GHR/ZB3

Foram consideradas 43 variáveis para a predição do GHR-ZB3. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 17, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 17. Parâmetros da regressão de Graus hora de Refrigeração - ZB3

	Beta	Erro padrão	B	Erro padrão	t(7345)	p-level
Intercept			836.42	79.6906	10.4958	0.000000
CTBaixa	0.44631	0.006537	1002.29	14.6808	68.2718	0.000000
aCOB	0.29819	0.012837	1248.76	53.7579	23.2293	0.000000
somb	-0.45896	0.008754	-1042.85	19.8910	-52.4283	0.000000
solo*AUAmb	-0.13465	0.008902	-7.97	0.5268	-15.1256	0.000000
aPAR	0.19032	0.008450	1007.68	44.7412	22.5224	0.000000
PD/AUAmb	0.27239	0.013610	2324.85	116.1617	20.0139	0.000000
CTCOB	-0.15017	0.007624	-0.30	0.0154	-19.6978	0.000000
AbS	-0.03318	0.019538	-77.78	45.8071	-1.6981	0.089536
APambL*Upar*aPar	0.18066	0.015605	26.34	2.2748	11.5772	0.000000
AparInt*Ctpar	-0.05189	0.012574	0.00	0.0004	-4.1266	0.000037
solo	-0.25143	0.009247	-605.56	22.2702	-27.1913	0.000000
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.30913	0.016421	25.19	1.3380	18.8249	0.000000
Fvent	-0.16520	0.008135	-830.67	40.9078	-20.3060	0.000000
AUAmb	0.88242	0.079930	34.16	3.0944	11.0400	0.000000
SomApar	-0.03770	0.042752	-3.33	3.7753	-0.8818	0.377887
AAbO*semSombra	0.02572	0.007261	16.99	4.7950	3.5424	0.000399
AAbL*Fvent	0.12581	0.011529	70.18	6.4308	10.9124	0.000000
CTPAR	-0.01940	0.016108	-0.04	0.0354	-1.2041	0.228587
AAbS*semSombra	-0.08727	0.007468	-54.18	4.6366	-11.6851	0.000000
APambN*Upar*aPar	0.09439	0.017468	14.12	2.6131	5.4033	0.000000
pil	-0.05021	0.006201	-114.50	14.1428	-8.0959	0.000000
PambO	0.18298	0.023141	399.00	50.4617	7.9070	0.000000
AAbN*sombra	0.00653	0.017853	2.45	6.6911	0.3657	0.714636
AbN	-0.16015	0.019841	-379.58	47.0260	-8.0717	0.000000
PambN	0.33742	0.027506	738.18	60.1754	12.2671	0.000000
APambN	-0.02471	0.037030	-4.23	6.3408	-0.6672	0.504678
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	0.05481	0.006214	5.60	0.6348	8.8204	0.000000
cob*AUAmb	-0.11445	0.016328	-6.18	0.8821	-7.0096	0.000000
CTAlta	-0.09375	0.011265	-200.94	24.1459	-8.3221	0.000000
UCOB	-0.05297	0.011844	-103.11	23.0568	-4.4720	0.000008
APambS*Upar*aPar	0.02667	0.017448	3.84	2.5124	1.5284	0.126449
PambL	0.19883	0.023176	431.94	50.3478	8.5791	0.000000
AparInt	0.48185	0.034781	16.27	1.1747	13.8537	0.000000
PD*AUAmb	-1.30361	0.096784	-20.42	1.5159	-13.4692	0.000000
PambS	0.05850	0.026446	126.63	57.2488	2.2120	0.026998
AAbS*Fvent	0.09163	0.012713	51.15	7.0968	7.2079	0.000000
AAbO*Fvent	0.09848	0.012038	55.42	6.7755	8.1802	0.000000
AAbN*Fvent	0.14033	0.020830	79.21	11.7573	6.7370	0.000000
APambO*Upar*aPar	0.10603	0.015651	15.34	2.2637	6.7744	0.000000
APambS	0.15568	0.036630	26.09	6.1393	4.2501	0.000022
AAbN*semSombra	-0.05328	0.013141	-34.78	8.5770	-4.0548	0.000051

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 08 para determinação do indicador de graus hora para resfriamento para ZB3.

$$\begin{aligned}
GH_R = & (a) + (b \cdot CT_{baixa}) + (c \cdot \alpha_{cob}) + (d \cdot somb) + (e \cdot solo \cdot AU_{amb}) \\
& + (f \cdot \alpha_{par}) + (g \cdot PD/AU_{amb}) + (h \cdot CT_{cob}) + (i \cdot Ab_S) \\
& + (j \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (k \cdot A_{parInt} \cdot CT_{par}) + (l \cdot solo) \\
& + (m \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (n \cdot F_{vent}) + (o \cdot AU_{amb}) + (p \cdot SomA_{par}) + (q \cdot \\
& AAb_O \cdot semsombra) + (r \cdot AAb_L \cdot F_{vent}) + (s \cdot CT_{par}) \\
& + (t \cdot AAb_S \cdot semsombra) + (u \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (v \cdot pil) \\
& + (w \cdot P_{ambO}) + (x \cdot AAb_N \cdot sombra) + (y \cdot Ab_N) + (z \cdot P_{ambN}) \\
& + (aa \cdot AP_{ambN}) + [ab \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + (ac \cdot cob \cdot AU_{amb}) \\
& + (ad \cdot CT_{alta}) + (ae \cdot U_{cob}) + (af \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (ag \cdot P_{ambL}) \\
& + (ah \cdot A_{parInt}) + (ai \cdot PD \cdot AU_{amb}) + (aj \cdot P_{ambS}) + (ak \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) \\
& + (al \cdot AAb_O \cdot F_{vent}) + (am \cdot AAb_N \cdot F_{vent}) + (an \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) \\
& + (ao \cdot AP_{ambS}) + (ap \cdot AAb_N \cdot semsombra)
\end{aligned}$$

Equação 08–
indicador de
graus-hora
para
resfriamento
da ZB3

Onde,

a= 836,4188	l= -605,5557	w= 399,0021	ah= 16,2740
b= 1002,2853	m= 25,1879	x= 2,4466	ai= -20,4181
c= 1248,7615	n= -830,6742	y= -379,5777	aj= 126,6339
d= -1042,8507	o= 34,1620	z= 738,1763	ak= 51,1530
e= -7,9675	p= -3,3292	aa= -4,2304	al= 55,4249
f= 1007,6786	q= 16,9856	ab= 5,5988	am= 79,2095
g= 2324,8467	r= 70,1758	ac= -6,1829	an= 15,3351
h= -0,3032	s= -0,0426	ad= -200,9447	ao= 26,0925
i= -77,7838	t= -54,1796	ae= -103,1092	ap= -34,7777
j= 26,3363	u= 14,1195	af= 3,8400	
k= -0,0016	v= -114,4985	ag= 431,9407	

3.3.4.2. Indicador de consumo relativo para aquecimento – ZB3

A regressão para predição do indicador de consumo relativo para aquecimento para zona bioclimática 3 (CA-ZB3) resultou na equação 09, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 18, abaixo

Tabela 18. Resumo da regressão de Consumo para Aquecimento - ZB3

	Valor
R múltiplo	0.894
R ² múltiplo	0.799
R ² ajustado	0.798
F(41,7345)	848.543
p	0.000
Erro padrão	1282.625

O Gráfico da figura 15 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

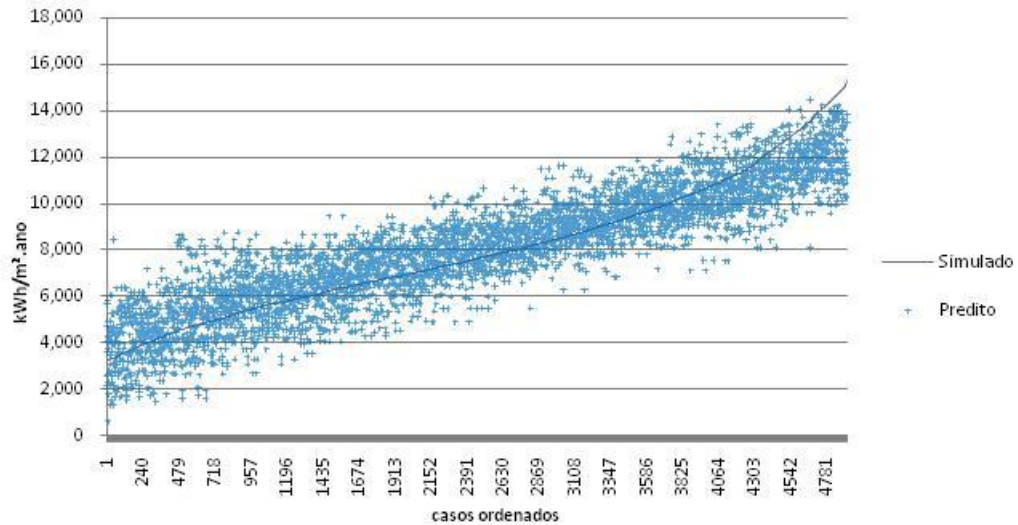


Figura 15 – aderência dos casos preditos aos simulados para CA/ZB3

Foram consideradas 23 variáveis para a predição do CA-ZB3. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 19, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 19. Parâmetros da regressão de Consumo para Aquecimento - ZB3

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(4900)	p-level
Intercept			6981.8	254.801	27.4011	0.000000
CTPAR	0.059048	0.019036	0.4	0.120	3.1019	0.001933
AUAmb	-0.918013	0.052742	-122.4	7.034	-17.4058	0.000000
PambS	0.263316	0.016268	1557.3	96.216	16.1859	0.000000
CTBaixa	0.331713	0.008391	2109.5	53.361	39.5322	0.000000
solo	0.432295	0.007961	2802.4	51.608	54.3014	0.000000
pil	0.383871	0.007962	2480.0	51.437	48.2135	0.000000
UCOB	0.076679	0.024110	394.0	123.896	3.1805	0.001480
aPAR	-0.172343	0.009770	-2521.9	142.966	-17.6399	0.000000
CTCOB	-0.201089	0.008872	-1.2	0.054	-22.6661	0.000000
SomApar	0.297958	0.013208	65.4	2.901	22.5582	0.000000
AAbs	0.087034	0.009337	131.7	14.133	9.3210	0.000000
AbN	-0.081730	0.007634	-543.4	50.761	-10.7057	0.000000
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	0.129620	0.007483	14.1	0.811	17.3218	0.000000
CTAlta	-0.264997	0.015092	-1584.0	90.208	-17.5592	0.000000
UPAR	0.133039	0.009249	990.1	68.829	14.3848	0.000000
Fvent	-0.078368	0.007220	-1111.1	102.364	-10.8545	0.000000
cob	0.631791	0.033585	4323.9	229.852	18.8118	0.000000
aCOB	-0.306117	0.019756	-3315.0	213.942	-15.4949	0.000000
PD	0.539706	0.069833	1262.7	163.378	7.7285	0.000000
SomAparExt*Ctpar	-0.091010	0.013231	0.0	0.003	-6.8787	0.000000
APambN*aPar	-0.116558	0.012091	-75.9	7.877	-9.6402	0.000000
APambS*aPar	-0.126432	0.017286	-80.3	10.984	-7.3139	0.000000
PD/AUAmb	-0.678053	0.104663	-15281.2	2358.777	-6.4784	0.000000

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 09 para determinação do indicador de consumo relativo para aquecimento para ZB3.

$$C_A = [(a) + (b \cdot CT_{par}) + (c \cdot AU_{amb}) + (d \cdot P_{ambS}) + (e \cdot CT_{baixa}) + (f \cdot solo) + (g \cdot pil) + (h \cdot U_{cob}) + (i \cdot \alpha_{par}) + (j \cdot CT_{cob}) + (k \cdot SomA_{par}) + (l \cdot AAb_S) + (m \cdot Ab_N) + [n \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + (o \cdot CT_{alta}) + (p \cdot U_{par}) + (q \cdot F_{vent}) + (r \cdot cob) + (s \cdot \alpha_{cob}) + (t \cdot PD) + (u \cdot SomA_{parExt} \cdot CT_{par}) + (v \cdot AP_{ambN} \cdot \alpha_{par}) + (w \cdot AP_{ambS} \cdot \alpha_{par}) + (x \cdot PD/AU_{amb})]/1000$$

Equação 09
– consumo
relativo para
aquecimento
da ZB3

Onde,

a= 6981,8136	g= 2479,9604	m= -543,4286	s= -3315,0119
b= 0,3717	h= 394,0458	n= 14,0555	t= 1262,6737
c= -122,4306	i= -2521,9122	o= -1583,9814	u= -0,0219
d= 1557,3444	j= -1,2280	p= 990,0915	v= -75,9370
e= 2109,4866	k= 65,4370	q= -1111,1099	w= -80,3345
f= 2802,3931	l= 131,7352	r= 4323,9241	x= -15281,1938

3.3.4.3. Indicador de consumo relativo para refrigeração – ZB3

A regressão para predição do indicador de consumo relativo para refrigeração para zona bioclimática 3 (CR-ZB3) resultou na equação 10, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 20, abaixo

Tabela 20. Resumo da regressão de Consumo para Refrigeração - ZB3

	Valor
R múltiplo	0.894
R ² múltiplo	0.799
R ² ajustado	0.798
F(41,7345)	848.543
p	0.000
Erro padrão	1282.625

O Gráfico da figura 16 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

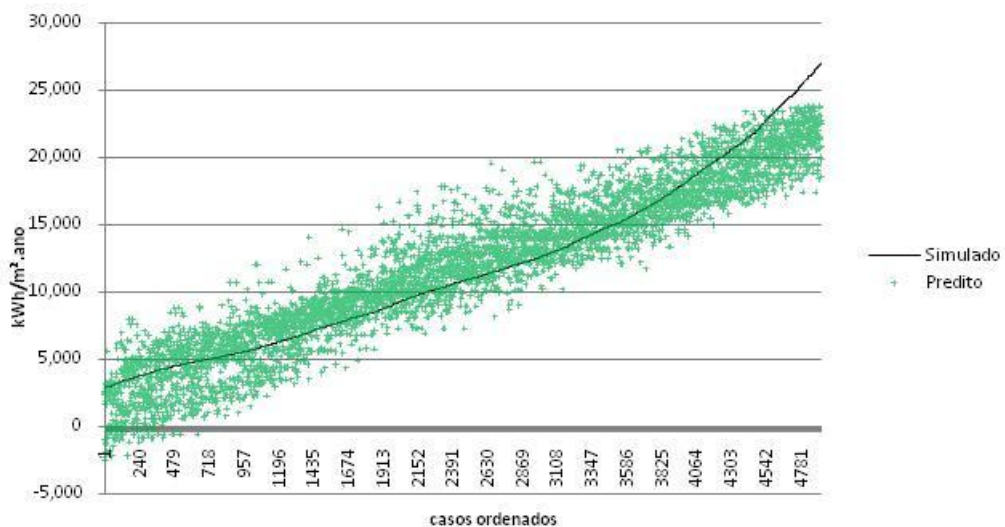


Figura 16 – aderência dos casos preditos aos simulados para CR/ZB3

Foram consideradas 24 variáveis para a predição do CR-ZB3. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 21, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 21. Parâmetros da regressão de Consumo para Refrigeração - ZB3

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(4900)	p-level
Intercept			6981.8	254.801	27.4011	0.000000
CTPAR	0.059048	0.019036	0.4	0.120	3.1019	0.001933
AUAmb	-0.918013	0.052742	-122.4	7.034	-17.4058	0.000000
PambS	0.263316	0.016268	1557.3	96.216	16.1859	0.000000
CTBaixa	0.331713	0.008391	2109.5	53.361	39.5322	0.000000
solo	0.432295	0.007961	2802.4	51.608	54.3014	0.000000
pil	0.383871	0.007962	2480.0	51.437	48.2135	0.000000
UCOB	0.076679	0.024110	394.0	123.896	3.1805	0.001480
aPAR	-0.172343	0.009770	-2521.9	142.966	-17.6399	0.000000
CTCOB	-0.201089	0.008872	-1.2	0.054	-22.6661	0.000000
SomApar	0.297958	0.013208	65.4	2.901	22.5582	0.000000
AAbs	0.087034	0.009337	131.7	14.133	9.3210	0.000000
AbN	-0.081730	0.007634	-543.4	50.761	-10.7057	0.000000
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	0.129620	0.007483	14.1	0.811	17.3218	0.000000
CTAlta	-0.264997	0.015092	-1584.0	90.208	-17.5592	0.000000
UPAR	0.133039	0.009249	990.1	68.829	14.3848	0.000000
Fvent	-0.078368	0.007220	-1111.1	102.364	-10.8545	0.000000
cob	0.631791	0.033585	4323.9	229.852	18.8118	0.000000
aCOB	-0.306117	0.019756	-3315.0	213.942	-15.4949	0.000000
PD	0.539706	0.069833	1262.7	163.378	7.7285	0.000000
SomAparExt*CTpar	-0.091010	0.013231	0.0	0.003	-6.8787	0.000000
APambN*aPar	-0.116558	0.012091	-75.9	7.877	-9.6402	0.000000
APambS*aPar	-0.126432	0.017286	-80.3	10.984	-7.3139	0.000000
PD/AUAmb	-0.678053	0.104663	-15281.2	2358.777	-6.4784	0.000000

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 10 para determinação CR-ZB3.

$$\begin{aligned}
 C_R = & [(a) + (b \cdot PD/AU_{amb}) + (c \cdot CT_{baixa}) + (d \cdot solo) + (e \cdot \alpha_{par}) \\
 & + (f \cdot CT_{cob}) + (g \cdot somb) + (h \cdot Ab_S) + (i \cdot AU_{amb}) \\
 & + (j \cdot SomA_{parExt} \cdot CT_{par}) + (k \cdot pil) + (l \cdot cob) \\
 & + (m \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + [n \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] \\
 & + (o \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (p \cdot Ab_N) + [q \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par}/CT_{par}) \cdot SomA_{par}] \\
 & + (r \cdot SomA_{par}) + (s \cdot \alpha_{cob}) + (t \cdot AAb_N \cdot sombra) + (u \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) \\
 & + (v \cdot AAb_L \cdot F_{vent}) + (w \cdot AAb_O \cdot F_{vent}) + (x \cdot AAb_S) + (y \cdot P_{ambS}) \\
 & + (z \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (aa \cdot AP_{ambS} \cdot \alpha_{par}) + (ab \cdot AAb_N \cdot F_{vent}) \\
 & + (ac \cdot AAb_N \cdot semsombra)]/1000
 \end{aligned}$$

Equação 10 –
consumo
relativo para
refrigeração
de
dormitórios
condicionados
artificialmente
da ZB3

Onde,

a= 7867,8924	i= -79,8228	q= -7,4793	y= -660,4513
b= 33900,9915	j= 0,0211	r= 31,0384	z= 73,9340
c= -4066,2367	k= -1185,7252	s= 1977,0195	aa= -112,7864
d= -4446,9250	l= -2582,5286	t= 16,3096	ab= 397,1551
e= 6016,2116	m= 92,4051	u= 641,0082	ac= -247,9866
f= 1,8199	n= -14,3024	v= 493,2535	
g= -1827,6311	o= -46,8056	w= 485,5657	
h= -877,7417	p= -351,0817	x= -199,1908	

3.3.5. Equações Zona Bioclimática 4: Brasília – TRY

3.3.5.1. Indicador de Graus hora para resfriamento - ZB4

A regressão para predição do indicador de Graus hora para resfriamento para zona bioclimática 4 (GHR-ZB4) resultou na equação 11, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 22, abaixo

Tabela 22. Resumo da regressão de Graus hora de Refrigeração – ZB4

	Valor
R múltiplo	0.8004
R ² múltiplo	0.6406
R ² ajustado	0.6387
F(41,7345)	327.3638
p	0.0000
Erro padrão	522.5665

O Gráfico da figura 17 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

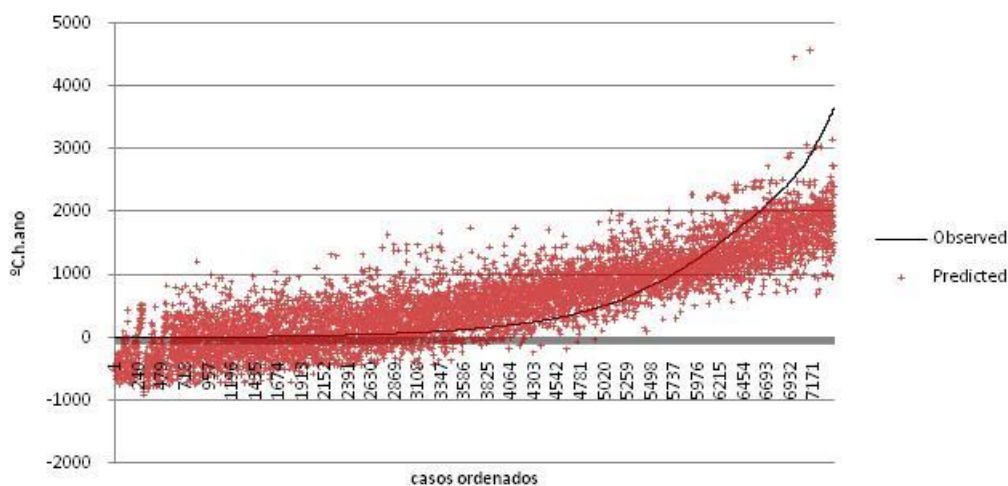


Figura 17 – aderência dos casos preditos aos simulados para GHR/ZB4

Foram consideradas 40 variáveis para a predição do GHR-ZB4. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 23, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 23. Parâmetros da regressão de Graus hora de Refrigeração – ZB4

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(7346)	p-level
Intercept			641.188	117.9308	5.4370	0.000000
CTBaixa	0.391359	0.011878	748.002	22.7024	32.9482	0.000000
aCOB	0.154171	0.029343	548.826	104.4553	5.2542	0.000000
somb	-0.395077	0.013586	-766.624	26.3633	-29.0792	0.000000
CTCOB	-0.253290	0.010835	-0.433	0.0185	-23.3762	0.000000
PD/AUAmb	0.211366	0.018479	1518.102	132.7197	11.4384	0.000000
aPAR	0.099334	0.012229	445.967	54.9044	8.1226	0.000000
solo	-0.219895	0.013175	-445.763	26.7088	-16.6897	0.000000
AAbS*semSombra	-0.105080	0.011130	-56.096	5.9419	-9.4408	0.000000
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.440991	0.028787	29.051	1.8964	15.3191	0.000000
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	0.128129	0.008681	13.432	0.9101	14.7593	0.000000
pil	-0.099928	0.008490	-193.732	16.4589	-11.7706	0.000000
AparInt*Ctpar	0.017619	0.017485	0.000	0.0004	1.0076	0.313665
AABo*semSombra	0.058022	0.010007	33.384	5.7579	5.7980	0.000000
AbS	-0.033438	0.025389	-67.861	51.5262	-1.3170	0.187873
Fvent	-0.099254	0.009054	-428.739	39.1089	-10.9627	0.000000
SomApar	-0.140734	0.056551	-10.436	4.1934	-2.4886	0.012847
AUAmb	0.495022	0.108690	15.697	3.4466	4.5544	0.000005
CTPAR	-0.191505	0.023898	-0.358	0.0446	-8.0136	0.000000
cob*AUAmb	-0.286226	0.030057	-13.183	1.3844	-9.5229	0.000000
AbN	-0.107390	0.024633	-214.200	49.1326	-4.3596	0.000013
PambN	0.248568	0.036574	457.911	67.3769	6.7963	0.000000
APambN	0.109002	0.039488	15.476	5.6064	2.7604	0.005788
APambL*Upar*aPar	0.144732	0.020435	17.451	2.4640	7.0824	0.000000
PambO	0.243450	0.029947	452.353	55.6452	8.1292	0.000000
AAbL	0.055885	0.014085	15.691	3.9545	3.9678	0.000073
cob	0.346135	0.054838	738.062	116.9320	6.3119	0.000000
UCOB	-0.183940	0.035201	-302.029	57.7993	-5.2255	0.000000
AAbS*Fvent	0.078735	0.015488	38.388	7.5515	5.0836	0.000000
PambS	0.032602	0.035642	60.565	66.2116	0.9147	0.360371
PambL	0.158136	0.032825	289.400	60.0730	4.8175	0.000001
AparInt	0.319912	0.046793	9.160	1.3399	6.8367	0.000000
PD*AUAmb	-0.791220	0.130427	-10.225	1.6855	-6.0664	0.000000
solo*AUAmb	0.043011	0.013271	1.732	0.5345	3.2410	0.001196
(Upar*aPar/Ctpar)*SomApar	0.040860	0.010776	0.813	0.2144	3.7915	0.000151
UPAR	-0.076527	0.011893	-177.011	27.5088	-6.4347	0.000000
CTAlta	0.055898	0.017066	101.969	31.1314	3.2755	0.001060
AAbN*sombra	0.053769	0.012943	16.690	4.0175	4.1543	0.000033
APambS	0.191940	0.039658	26.975	5.5736	4.8399	0.000001
APambO*Upar*aPar	0.068687	0.020090	8.356	2.4439	3.4190	0.000632
AAbL*semSombra	-0.024424	0.010526	-13.369	5.7616	-2.3204	0.020347

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 11 para determinação do indicador de graus hora de resfriamento para ZB4.

$$\begin{aligned}
GH_R = & (a) + (b \cdot CT_{baixa}) + (c \cdot \alpha_{cob}) + (d \cdot somb) + (e \cdot CT_{cob}) \\
& + (f \cdot PD/AU_{amb}) + (g \cdot \alpha_{par}) + (h \cdot solo) + (i \cdot AAb_S \cdot semsombra) \\
& + (j \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + [k \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] \\
& + (l \cdot pil) + (m \cdot A_{parInt} \cdot CT_{par}) + (n \cdot AAb_O \cdot semsombra) + (o \cdot Ab_S) \\
& + (p \cdot F_{vent}) + (q \cdot SomA_{par}) + (r \cdot AU_{amb}) + (s \cdot CT_{par}) \\
& + (t \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (u \cdot Ab_N) + (v \cdot P_{ambN}) + (w \cdot AP_{ambN}) \\
& + (x \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (y \cdot P_{ambO}) + (z \cdot AAb_L) + (aa \cdot cob) \\
& + (ab \cdot U_{cob}) + (ac \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) + (ad \cdot P_{ambS}) + (ae \cdot P_{ambL}) \\
& + (af \cdot A_{parInt}) + (ag \cdot PD \cdot AU_{amb}) + (ah \cdot solo \cdot AU_{amb}) \\
& + [ai \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par}/CT_{par}) \cdot SomA_{par}] + (aj \cdot U_{par}) + (ak \cdot CT_{alta}) \\
& + (al \cdot AAb_N \cdot sombra) + (am \cdot AP_{ambS}) + (an \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) \\
& + (ao \cdot AAb_L \cdot semsombra)
\end{aligned}$$

Equação 11 –
indicador de
graus-hora
para
resfriamento
da ZB4

Onde,

a= 641,1879	l= -193,7316	w= 15,4759	ah= 1,7323
b= 748,0024	m= 0,0004	x= 17,4512	ai= 0,8130
c= 548,8264	n= 33,3844	y= 452,3534	aj= -177,0105
d= -766,6239	o= -67,8611	z= 15,6908	ak= 101,9694
e= -0,4332	p= -428,7391	aa= 738,0624	al= 16,6898
f= 1518,1021	q= -10,4357	ab= -302,0291	am= 26,9753
g= 445,9668	r= 15,6972	ac= 38,3885	an= 8,3558
h= -445,7625	s= -0,3578	ad= 60,5649	ao= -13,3692
i= -56,0964	t= -13,1833	ae= 289,4002	
j= 29,0510	u= -214,2001	af= 9,1604	
k= 13,4318	v= 457,9108	ag= -10,2250	

3.3.5.2. Indicador de consumo relativo para aquecimento – ZB4

A regressão para predição do indicador de consumo relativo para aquecimento para zona bioclimática 4 (CA-ZB4) resultou na equação 12, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 24, abaixo

Tabela 24. Resumo da regressão de Consumo para Aquecimento – ZB4

	Valor
R múltiplo	0.8862
R ² múltiplo	0.7854
R ² ajustado	0.7843
F(41,7345)	689.3071
p	0.0000
Erro padrão	989.1508

O Gráfico da figura 18 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

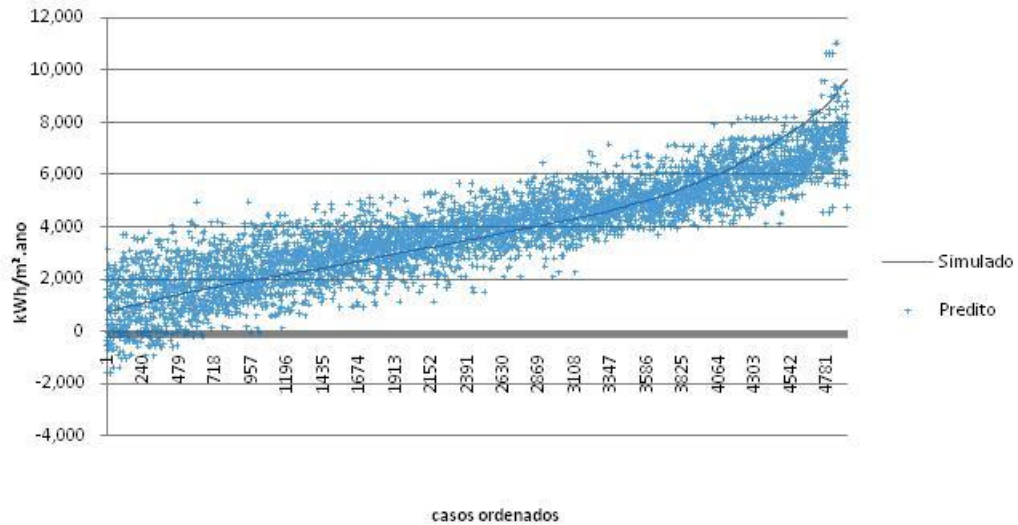


Figura 18 – aderência dos casos preditos aos simulados para CA/ZB4

Foram consideradas 26 variáveis para a predição do CA-ZB4. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 25, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 25. Parâmetros da regressão de Consumo para Aquecimento – ZB4

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(4897)	p-level
Intercept			-384.17	831.7314	-0.4619	0.644178
CTBaixa	0.40873	0.008036	1948.76	38.3155	50.8610	0.000000
AUAmb	2.25974	0.556410	223.82	55.1104	4.0613	0.000050
somb	0.18000	0.007959	849.51	37.5611	22.6168	0.000000
AfambS*UPar	0.01897	0.025511	2.69	3.6171	0.7438	0.457053
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	0.19134	0.007954	19.64	0.8165	24.0564	0.000000
pil	0.30585	0.008121	1478.93	39.2669	37.6634	0.000000
aPAR	-0.19735	0.011982	-2161.09	131.2113	-16.4703	0.000000
cob*AUAmb	0.09339	0.013136	12.13	1.7067	7.1092	0.000000
CTAlta	-0.05991	0.010910	-267.35	48.6875	-5.4911	0.000000
Fvent	-0.16971	0.008118	-1788.63	85.5609	-20.9048	0.000000
CTCOB	-0.22019	0.009384	-1.03	0.0438	-23.4630	0.000000
cob	0.85166	0.037853	4447.72	197.6845	22.4991	0.000000
aCOB	-0.40180	0.020691	-3292.10	169.5265	-19.4194	0.000000
AAbS	0.03745	0.010215	40.95	11.1703	3.6660	0.000249
AbN	-0.05421	0.011652	-272.83	58.6455	-4.6523	0.000003
SomApar	0.29810	0.014995	49.04	2.4668	19.8801	0.000000
soLo	0.09060	0.008120	434.31	38.9253	11.1575	0.000000
UPAR	0.10342	0.009396	591.09	53.7033	11.0066	0.000000
PambN	-0.02702	0.020722	-120.60	92.4803	-1.3041	0.192274
UCOB	-0.18744	0.025146	-742.19	99.5687	-7.4541	0.000000
SomAparExt*Ctpar	-0.09083	0.012119	-0.02	0.0023	-7.4950	0.000000
PambS	0.19404	0.021283	851.63	93.4065	9.1174	0.000000
APambN*Upar*aPar	-0.13463	0.018099	-34.36	4.6195	-7.4386	0.000000
PD	0.94156	0.173113	1636.11	300.8129	5.4390	0.000000
APambS*Upar*aPar	-0.12474	0.022461	-29.78	5.3632	-5.5536	0.000000
PD*AUAmb	-2.54137	0.501796	-104.07	20.5491	-5.0646	0.000000

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 12 para determinação do indicador consumo relativo para aquecimento para ZB4.

$$\begin{aligned}
C_A = & [(a) + (b \cdot CT_{baixa}) + (c \cdot AU_{amb}) + (d \cdot somb) + (e \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par}) \\
& + [f \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob} / CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + (g \cdot pil) + (h \cdot \alpha_{par}) + (i \cdot cob \cdot AU_{amb}) \\
& + (j \cdot CT_{alta}) + (k \cdot F_{vent}) + (l \cdot CT_{cob}) + (m \cdot cob) + (n \cdot \alpha_{cob}) + (o \cdot AAb_S) \\
& + (p \cdot Ab_N) + (q \cdot SomA_{par}) + (r \cdot solo) + (s \cdot U_{par}) + (t \cdot P_{ambN}) + (u \cdot U_{cob}) \\
& + (v \cdot SomA_{parExt} \cdot CT_{par}) + (w \cdot P_{ambS}) + (x \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) \\
& + (y \cdot PD) + (z \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (aa \cdot PD \cdot AU_{amb})] / 1000
\end{aligned}$$

Equação 12
– consumo
relativo para
aquecimento
da ZB4

Onde,

a= -384,1715	h= -2161,0869	o= 40,9503	v= -0,0169
b= 1948,7618	i= 12,1332	p= -272,8337	w= 851,6260
c= 223,8195	j= -267,3459	q= 49,0402	x= -34,3625
d= 849,5126	k= -1788,6294	r= 434,3085	y= 1636,1082
e= 2,6903	l= -1,0283	s= 591,0911	z= -29,7849
f= 19,6424	m= 4447,7162	t= -120,6000	aa= -104,0720
g= 1478,9254	n= -3292,0955	u= -742,1948	

3.3.5.3. Indicador de consumo relativo para refrigeração – ZB4

A regressão para predição do indicador de consumo relativo para refrigeração para zona bioclimática 4 (CR-ZB4) resultou na equação 13, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 26, abaixo

Tabela 26. Resumo da regressão de Consumo para Refrigeração – ZB4

	Valor
R múltiplo	0.849
R ² múltiplo	0.721
R ² ajustado	0.719
F(41,7345)	351.292
p	0.000
Erro padrão	2488.758

O Gráfico da figura 19 indica a os valores observados e preditos pela regressão.

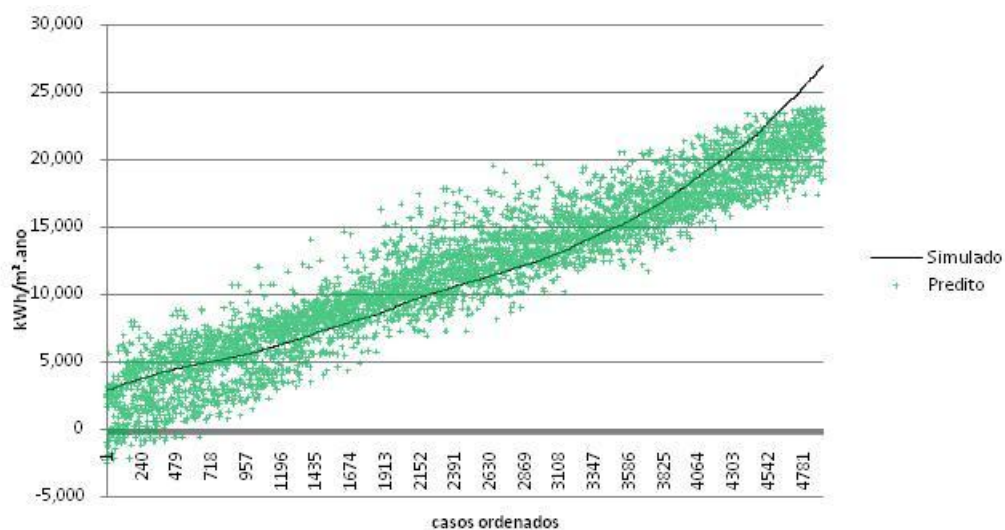


Figura 19 – aderência dos casos preditos aos simulados para CR/ZB4

Foram consideradas 36 variáveis para a predição do CR-ZB4. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 27, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 27. Parâmetros da regressão de Consumo para Refrigeração – ZB4

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(4887)	p-level
Intercept			3981.5	639.532	6.2256	0.000000
PD/AUAmb	-0.406179	0.123215	-15076.8	4573.542	-3.2965	0.000986
aPAR	0.302821	0.014478	7363.1	352.042	20.9153	0.000000
CTBaixa	-0.172262	0.014792	-1677.3	144.035	-11.6452	0.000000
solo	-0.312685	0.014183	-3482.5	157.959	-22.0467	0.000000
somb	-0.299528	0.009809	-3198.3	104.737	-30.5365	0.000000
CTCOB	0.218152	0.010056	2.4	0.108	21.6946	0.000000
pil	-0.155863	0.009235	-1650.5	97.794	-16.8776	0.000000
SomApar	0.132219	0.019436	47.5	6.983	6.8029	0.000000
(Upar*aPar/Ctpar)*SomApar	-0.241280	0.014849	-17.6	1.081	-16.2491	0.000000
AUAmb	-0.623421	0.061869	-137.9	13.688	-10.0765	0.000000
AbS	-0.043799	0.015271	-472.6	164.787	-2.8681	0.004147
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.278828	0.032117	93.8	10.805	8.6816	0.000000
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	-0.165568	0.010426	-28.3	1.780	-15.8795	0.000000
cob*AUAmb	-0.096925	0.031245	-26.1	8.420	-3.1021	0.001932
Fvent	0.002744	0.011704	64.3	274.290	0.2345	0.814642
UCOB	0.141712	0.040448	1199.4	342.342	3.5036	0.000463
AbN	-0.006933	0.015379	-75.2	166.889	-0.4508	0.652151
aCOB	0.293685	0.032329	5198.0	572.202	9.0841	0.000000
cob	-0.513586	0.062426	-5639.0	685.422	-8.2271	0.000000
PD	0.477760	0.082618	1816.7	314.149	5.7828	0.000000
CTAlta	-0.150953	0.018819	-1548.9	193.092	-8.0214	0.000000
SomAparExt*Ctpar	0.020497	0.016608	0.0	0.007	1.2342	0.217200
UPAR	0.029051	0.012576	374.1	161.938	2.3100	0.020932
CTPAR	0.133376	0.025387	1.5	0.282	5.2537	0.000000
solo*AUAmb	-0.056985	0.013449	-19.5	4.591	-4.2370	0.000023
AAbL*Fvent	0.127744	0.012701	501.9	49.904	10.0578	0.000000
APambO*Upar*aPar	0.202303	0.026552	109.6	14.382	7.6191	0.000000
APambL*Upar*aPar	0.230511	0.026582	123.4	14.227	8.6716	0.000000
AAbO*Fvent	0.097042	0.012698	382.6	50.067	7.6422	0.000000
AAbN*Fvent	0.177236	0.026644	689.9	103.706	6.6520	0.000000
AAbS*Fvent	0.166783	0.025807	633.8	98.076	6.4626	0.000000
APambL	-0.163865	0.029179	-104.6	18.631	-5.6158	0.000000
APambO	-0.111549	0.029163	-71.2	18.612	-3.8251	0.000132
AAbN*semSombra	-0.079787	0.016754	-407.3	85.533	-4.7624	0.000002
AAbS	-0.109783	0.027247	-262.8	65.227	-4.0292	0.000057
AAbN*sombra	-0.084626	0.025260	-223.5	66.713	-3.3502	0.000814

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 13 para determinação do indicador de CR-ZB4.

$$\begin{aligned}
C_R = & [(a) + (b \cdot PD/AU_{amb}) + (c \cdot \alpha_{par}) + (d \cdot CT_{baixa}) + (e \cdot solo) \\
& + (f \cdot somb) + (g \cdot CT_{cob}) + (h \cdot pil) + (i \cdot SomA_{par}) \\
& + [j \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par}/CT_{par}) \cdot SomA_{par}] + (k \cdot AU_{amb}) + (l \cdot Ab_S) \\
& + (m \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + [n \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] \\
& + (o \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (p \cdot F_{vent}) + (q \cdot U_{cob}) + (r \cdot Ab_N) + (s \cdot \alpha_{cob}) \\
& + (t \cdot cob) + (u \cdot PD) + (v \cdot CT_{alta}) + (w \cdot SomA_{parExt} \cdot CT_{par}) + (x \cdot U_{par}) + (y \cdot \\
& CT_{par}) + (z \cdot solo \cdot AU_{amb}) + (aa \cdot AAb_L \cdot F_{vent}) \\
& + (ab \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (ac \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) \\
& + (ad \cdot AAb_O \cdot F_{vent}) + (ae \cdot AAb_N \cdot F_{vent}) + (af \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) \\
& + (ag \cdot AP_{ambL}) + (ah \cdot AP_{ambO}) + (ai \cdot AAb_N \cdot semsombra) + (aj \cdot AAb_S) + (ak \\
& \cdot AAb_N \cdot sombra)]/1000
\end{aligned}$$

Equação 13 – consumo relativo para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB4

Onde,

a= 3981,4663	k= -137,9230	u= 1816,6546	ae= 689,8511
b= -15076,7771	l= -472,6242	v= -1548,8620	af= 633,8283
c= 7363,0657	m= 93,8017	w= 0,0090	ag= -104,6290
d= -1677,3212	n= -28,2586	x= 374,0701	ah= -71,1911
e= -3482,4774	o= -26,1204	y= 1,4838	ai= -407,3374
f= -3198,2931	p= 64,3085	z= -19,4526	aj= -262,8143
g= 2,3521	q= 1199,4123	aa= 501,9220	ak= -223,5018
h= -1650,5225	r= -75,2341	ab= 109,5784	
i= 47,5077	s= 5197,9552	ac= 123,3727	
j= -17,5629	t= -5639,0052	ad= 382,6185	

3.3.6. Equações Zona Bioclimática 6: Campo Grande – SWERA

3.3.6.1. Indicador de Graus hora para resfriamento - ZB6

A regressão para predição do indicador de Graus hora para resfriamento para zona bioclimática 6 (GHR-ZB6) resultou na equação 14, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 28, abaixo

Tabela 28. Resumo da regressão de Graus hora de Refrigeração – ZB6

	Valor
R múltiplo	0.888
R ² múltiplo	0.788
R ² ajustado	0.787
F(41,7345)	619.624
p	0.000
Erro padrão	1642.728

O Gráfico da figura 20 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

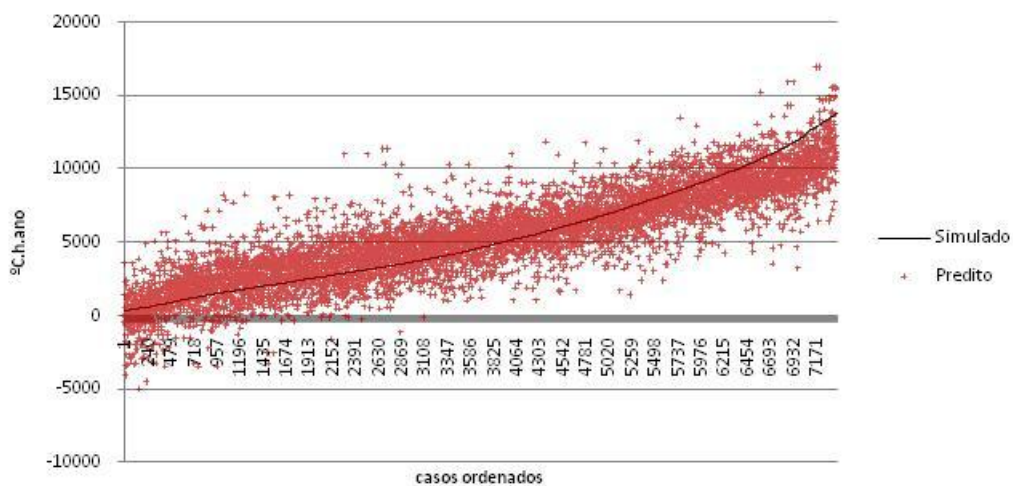


Figura 20 – aderência dos casos preditos aos simulados para GHR/ZB6

Foram consideradas 45 variáveis para a predição do GHR-ZB6. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 29, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 29. Parâmetros da regressão de Graus hora de Refrigeração – ZB6

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(7342)	p-level
Intercept			2761.08	527.071	5.2385	0.000000
CTBaixa	0.402985	0.006858	3125.51	53.189	58.7629	0.000000
aCOB	0.276204	0.010275	3942.26	146.658	26.8806	0.000000
somb	-0.448915	0.008141	-3602.93	65.335	-55.1452	0.000000
solo*AUAmb	-0.144000	0.009326	-28.78	1.864	-15.4412	0.000000
aPAR	0.221169	0.008669	4083.28	160.040	25.5140	0.000000
CTAlta	-0.173054	0.011821	-1291.11	88.196	-14.6391	0.000000
PD/AUAmb	0.080824	0.038610	2391.40	1142.387	2.0933	0.036353
AbS	-0.063146	0.020837	-513.13	169.320	-3.0306	0.002450
SomApar	-0.001369	0.043491	-0.42	13.330	-0.0315	0.974886
solo	-0.272741	0.009160	-2285.28	76.755	-29.7738	0.000000
CTCOB	-0.143953	0.007723	-1.01	0.054	-18.6385	0.000000
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.178522	0.009624	49.75	2.682	18.5501	0.000000
PambL	0.152005	0.028215	1146.87	212.880	5.3874	0.000000
AAbS*semSombra	-0.093254	0.007606	-199.96	16.310	-12.2603	0.000000
AUAmb	0.637969	0.146042	85.37	19.543	4.3684	0.000013
Fvent	-0.163361	0.014359	-2857.67	251.188	-11.3766	0.000000
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	0.051963	0.006281	16.05	1.940	8.2731	0.000000
AparInt	0.240231	0.036791	28.18	4.317	6.5295	0.000000
APambN*Upar*aPar	0.651381	0.098652	340.83	51.619	6.6028	0.000000
PambO	0.288555	0.030320	2184.36	229.525	9.5169	0.000000
PambN	0.339059	0.030409	2581.42	231.517	11.1500	0.000000
AfambS*Upar	0.056310	0.022462	15.95	6.361	2.5070	0.012198
APambL*Upar*aPar	0.121536	0.015450	61.75	7.850	7.8665	0.000000
AAbL*Fvent	0.180677	0.026323	353.08	51.441	6.8638	0.000000
PambS	0.109934	0.028350	825.58	212.899	3.8778	0.000106
AparInt*Ctpar	-0.074157	0.013190	-0.01	0.001	-5.6221	0.000000
AAbO*semSombra	0.020941	0.007119	49.95	16.981	2.9415	0.003277
AAbN*Fvent	0.219334	0.026537	431.52	52.209	8.2652	0.000000
AbN	-0.149583	0.022617	-1237.02	187.041	-6.6137	0.000000
PD*AUAmb	-0.865276	0.156318	-46.93	8.478	-5.5354	0.000000
AAbS*Fvent	0.175036	0.026869	338.67	51.988	6.5143	0.000000
AAbO*Fvent	0.195986	0.026921	383.42	52.667	7.2801	0.000000
APambO*Upar*aPar	0.085912	0.016965	43.06	8.504	5.0640	0.000000
CTPAR	0.052606	0.017365	0.40	0.133	3.0295	0.002458
AAbN	-0.132038	0.026003	-156.24	30.770	-5.0777	0.000000
AAbO	-0.134639	0.025988	-158.34	30.563	-5.1808	0.000000
AAbS	-0.122072	0.026127	-141.76	30.341	-4.6722	0.000003
PD	0.220105	0.070191	614.76	196.043	3.1358	0.001721
AAbL	-0.068722	0.025837	-80.68	30.333	-2.6598	0.007836
APambN*aPar	-0.616529	0.103186	-636.13	106.466	-5.9750	0.000000
AfambN*Upar	-0.708675	0.125664	-205.50	36.439	-5.6395	0.000000
APambN	0.632382	0.131736	375.64	78.253	4.8004	0.000002
APambO	-0.115319	0.027955	-67.22	16.295	-4.1251	0.000037
AbO	-0.085953	0.023659	-708.58	195.043	-3.6329	0.000282

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 14 para determinação do indicador de graus hora de resfriamento para ZB6.

$$\begin{aligned}
GH_R = & (a) + (b \cdot CT_{baixa}) + (c \cdot \alpha_{cob}) + (d \cdot somb) + (e \cdot solo \cdot AU_{amb}) \\
& + (f \cdot \alpha_{par}) + (g \cdot CT_{alta}) + (h \cdot PD/AU_{amb}) + (i \cdot Ab_S) + (j \cdot SomA_{par}) \\
& + (k \cdot solo) + (l \cdot CT_{cob}) + (m \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (n \cdot P_{ambL}) \\
& + (o \cdot AAb_S \cdot semsombra) + (p \cdot AU_{amb}) + (q \cdot F_{vent}) \\
& + [r \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + (s \cdot A_{parInt}) + (t \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (u \cdot \\
& P_{ambO}) + (v \cdot P_{ambN}) + (w \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par}) \\
& + (x \cdot AP_{ambL} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (y \cdot AAb_L \cdot F_{vent}) + (z \cdot P_{ambS}) \\
& + (aa \cdot A_{parInt} \cdot CT_{par}) + (ab \cdot AAb_O \cdot semsombra) + (ac \cdot AAb_N \cdot F_{vent}) \\
& + (ad \cdot Ab_N) + (ae \cdot PD \cdot AU_{amb}) + (af \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) \\
& + (ag \cdot AAb_O \cdot F_{vent}) + (ah \cdot AP_{ambO} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (ai \cdot CT_{par}) \\
& + (aj \cdot AAb_N) + (ak \cdot AAb_O) + (al \cdot AAb_S) + (am \cdot PD) + (an \cdot AAb_L) \\
& + (ao \cdot AP_{ambN} \cdot \alpha_{par}) + (ap \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par}) + (aq \cdot AP_{ambN}) \\
& + (ar \cdot AP_{ambO}) + (as \cdot Ab_O)
\end{aligned}$$

Equação 14 –
indicador de
graus-hora
para
resfriamento
da ZB6

Onde,

a= 2761,0810	m= 49,7464	y= 353,0820	ak= -158,3389
b= 3125,5139	n= 1146,8746	z= 825,5822	al= -141,7571
c= 3942,2575	o= -199,9633	aa= -0,0078	am= 614,7558
d= -3602,9301	p= 85,3725	ab= 49,9509	an= -80,6792
e= -28,7788	q= -2857,6711	ac= 431,5161	ao= -636,1284
f= 4083,2765	r= 16,0537	ad= -1237,0229	ap= -205,4987
g= -1291,1085	s= 28,1849	ae= -46,9272	aq= 375,6431
h= 2391,4019	t= 340,8291	af= 338,6679	ar= -67,2184
i= -513,1325	u= 2184,3602	ag= 383,4189	as= -708,5751
j= -0,4197	v= 2581,4199	ah= 43,0640	
k= -2285,2793	w= 15,9464	ai= 0,4015	
l= -1,0075	x= 61,7515	aj= -156,2399	

3.3.6.2. Indicador de consumo relativo para refrigeração – ZB6

A regressão para predição do indicador de consumo relativo para refrigeração para zona bioclimática 6 (CR-ZB6) resultou na equação 15, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 30, abaixo:

Tabela 30. Resumo da regressão de Consumo para Refrigeração – ZB6

	Valor
R múltiplo	0.904
R ² múltiplo	0.816
R ² ajustado	0.815
F(41,7345)	837.889
p	0.000
Erro padrão	4368.965

O Gráfico da figura 21 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

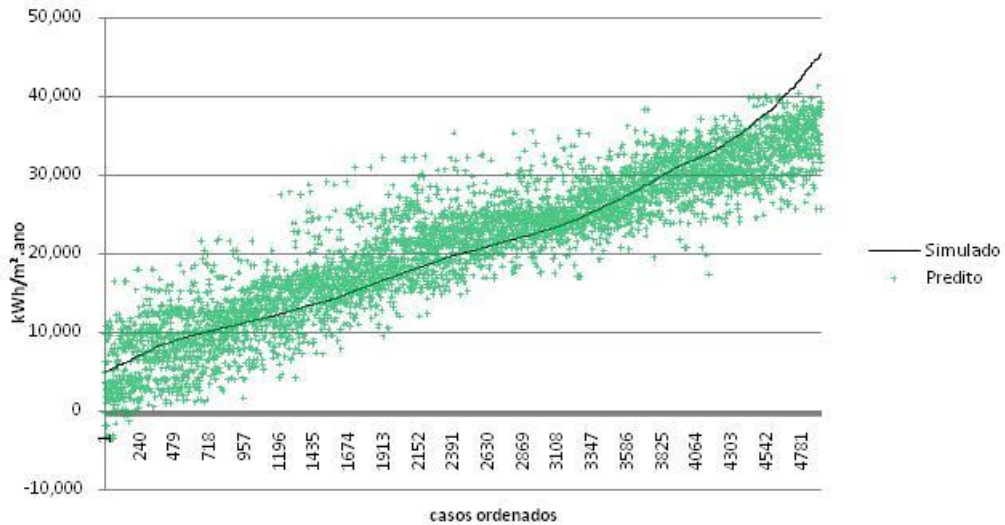


Figura 21 – aderência dos casos preditos aos simulados para CR/ZB6

Foram consideradas 26 variáveis para a predição do CR-ZB6. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 31, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 31. Parâmetros da regressão de Consumo para Refrigeração – ZB6

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(4897)	p-level
Intercept			13909.22	701.052	19.8405	0.000000
PD/AUAmb	0.578365	0.015488	46665.76	1249.684	37.3420	0.000000
solo	-0.385172	0.006987	-9261.57	167.998	-55.1290	0.000000
CTBaixa	-0.260559	0.009254	-5499.30	195.322	-28.1551	0.000000
aPAR	0.252883	0.007816	13333.96	412.138	32.3531	0.000000
somb	-0.225367	0.007060	-5203.49	163.017	-31.9200	0.000000
AUAmb	-0.305199	0.015711	-145.87	7.509	-19.4253	0.000000
CTCOB	0.118716	0.007425	2.73	0.171	15.9884	0.000000
AbS	-0.069450	0.012568	-1616.15	292.464	-5.5260	0.000000
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.300399	0.016092	205.69	11.018	18.6682	0.000000
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	-0.100376	0.007898	-37.06	2.916	-12.7091	0.000000
cob*AUAmb	-0.145341	0.018578	-82.98	10.607	-7.8234	0.000000
SomApar	0.048480	0.013945	37.75	10.859	3.4765	0.000512
AAbN*Fvent	-0.055172	0.010639	-461.84	89.053	-5.1861	0.000000
(Upar*aPar/Ctpar)*SomApar	-0.084000	0.010120	-13.35	1.608	-8.3008	0.000000
UPAR	0.045790	0.007121	1281.47	199.284	6.4304	0.000000
APambO	0.090321	0.013616	123.90	18.679	6.6333	0.000000
PambL	0.209327	0.025473	4403.45	535.861	8.2175	0.000000
pil*AUAmb	-0.039520	0.007508	-23.04	4.377	-5.2635	0.000000
cob	-0.060555	0.011650	-1432.89	275.664	-5.1980	0.000000
AAbS*Fvent	-0.050330	0.010566	-409.49	85.968	-4.7633	0.000002
AbL	-0.090567	0.016387	-2140.66	387.321	-5.5268	0.000000
AAbN	0.085876	0.020527	466.34	111.470	4.1836	0.000029
AAbO*sombra	-0.040864	0.009588	-234.49	55.020	-4.2619	0.000021
AAbL*Fvent	-0.055203	0.018250	-470.15	155.431	-3.0248	0.002501
APambL	-0.088342	0.025118	-121.71	34.606	-3.5170	0.000440
AbO	0.038124	0.012890	895.90	302.919	2.9576	0.003116

Com a definição das variáveis predictoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 15 para determinação do CR-ZB6.

$$\begin{aligned}
C_R = & [(a) + (b \cdot PD/AU_{amb}) + (c \cdot solo) + (d \cdot CT_{baixa}) + (e \cdot \alpha_{par}) \\
& + (f \cdot somb) + (g \cdot AU_{amb}) + (h \cdot CT_{cob}) + (i \cdot Ab_S) \\
& + (j \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + [k \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] \\
& + (l \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (m \cdot SomA_{par}) + (n \cdot AAb_N \cdot F_{vent}) \\
& + (o \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par}/CT_{par}) \cdot SomA_{par}) + (p \cdot U_{par}) + (q \cdot AP_{ambO}) \\
& + (r \cdot P_{ambL}) + (s \cdot pil \cdot AU_{amb}) + (t \cdot cob) + (u \cdot AAb_S \cdot F_{vent}) \\
& + (v \cdot Ab_L) + (w \cdot AAb_N) + (x \cdot AAb_O \cdot sombra) + (y \cdot AAb_L \cdot F_{vent}) \\
& + (z \cdot AP_{ambL}) + (aa \cdot Ab_O)]/1000
\end{aligned}$$

Equação 15 –
consumo
relativo para
refrigeração
de dormitórios
condicionados
artificialmente
da ZB6

Onde,

a= 13909,2235	h= 2,7261	o= -13,3478	v= -2140,6566
b= 46665,7571	i= -1616,1538	p= 1281,4749	w= 466,3407
c= -9261,5675	j= 205,6890	q= 123,9020	x= -234,4874
d= -5499,3027	k= -37,0586	r= 4403,4544	y= -470,1515
e= 13333,9609	l= -82,9815	s= -23,0408	z= -121,7084
f= -5203,4870	m= 37,7512	t= -1432,8902	aa= 895,9002
g= -145,8722	n= -461,8360	u= -409,4869	

3.3.7. Equações Zona Bioclimática 7: Cuiabá – SWERA

3.3.7.1. Indicador de Graus hora para resfriamento - ZB7

A regressão para predição do indicador de Graus hora para resfriamento para zona bioclimática 7 (GHR-ZB7) resultou na equação 16, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 32, abaixo

Tabela 32. Resumo da regressão de Graus hora de Refrigeração – ZB7

	Valor
R múltiplo	0.881
R ² múltiplo	0.777
R ² ajustado	0.776
F(41,7345)	655.317
p	0.000
Erro padrão	2534.558

O Gráfico da figura 22 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

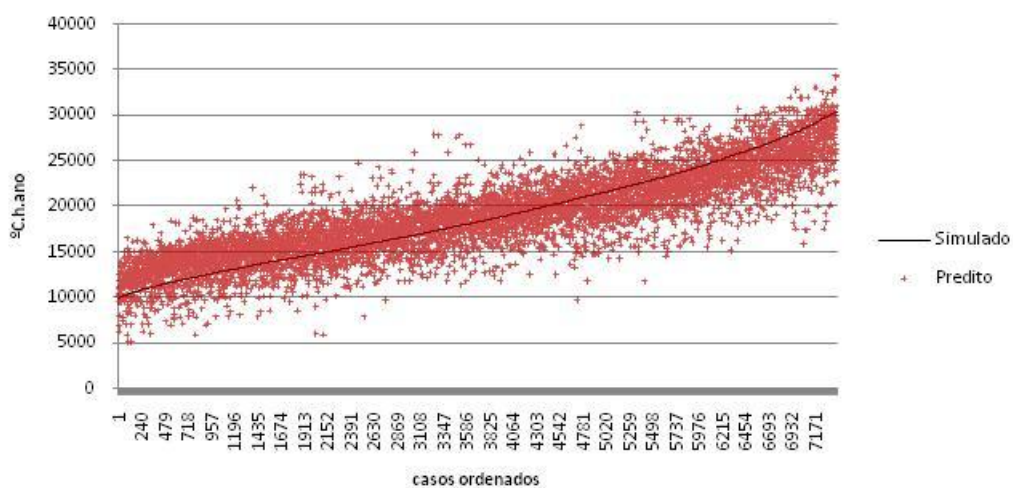


Figura 22 – aderência dos casos preditos aos simulados para GHR/ZB7

Foram consideradas 40 variáveis para a predição do GHR-ZB7. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 33, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 33. Parâmetros da regressão de Graus hora de Refrigeração – ZB7

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(7347)	p-level
Intercept			16195.94	380.846	42.5262	0.000000
somb	-0.518485	0.007782	-6292.19	94.437	-66.6283	0.000000
aCOB	0.239115	0.024129	5145.01	519.192	9.9096	0.000000
CTBaixa	0.326805	0.009188	3727.91	104.806	35.5698	0.000000
aPAR	0.319848	0.009027	8932.32	252.083	35.4340	0.000000
solo*AUAmb	-0.191067	0.010104	-52.73	2.788	-18.9105	0.000000
AbS	0.005941	0.013423	72.72	164.305	0.4426	0.658095
SomApar	1.134946	0.252643	520.10	115.776	4.4923	0.000007
CTAlta	-0.145092	0.011983	-1648.34	136.130	-12.1085	0.000000
solo	-0.219242	0.009437	-2738.09	117.857	-23.2323	0.000000
pil*AUAmb	-0.102640	0.006971	-25.34	1.721	-14.7231	0.000000
AAbS*semSombra	-0.094651	0.007092	-298.49	22.364	-13.3468	0.000000
APambL*Upar*aPar	0.122924	0.017533	94.72	13.510	7.0108	0.000000
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.250447	0.025651	110.36	11.303	9.7638	0.000000
CTCOB	-0.082775	0.007561	-0.90	0.082	-10.9477	0.000000
PD/AUAmb	0.217544	0.028373	9610.90	1253.476	7.6674	0.000000
APambS	-0.498518	0.133576	-434.02	116.295	-3.7321	0.000191
Fvent	-0.088447	0.007829	-2302.38	203.794	-11.2976	0.000000
AparInt*Ctpar	-0.075282	0.014621	-0.01	0.002	-5.1489	0.000000
AbN	-0.145715	0.020839	-1806.59	258.365	-6.9924	0.000000
PambN	0.319259	0.027372	3647.33	312.712	11.6635	0.000000
APambO*Upar*aPar	0.620242	0.101518	469.88	76.909	6.1096	0.000000
UCOB	-0.128914	0.028604	-1341.29	297.606	-4.5069	0.000007
APambN	-0.661778	0.134465	-586.41	119.152	-4.9216	0.000001
AAbN*Fvent	0.142877	0.020354	416.59	59.346	7.0197	0.000000
AAbN	-0.103652	0.020865	-182.68	36.774	-4.9677	0.000001
APambN*Upar*aPar	0.079550	0.017653	63.25	14.036	4.5063	0.000007
(Upar*aPar/Ctpar)*SomApar	-0.045859	0.009387	-5.19	1.063	-4.8851	0.000001
PambL	0.212974	0.023564	2421.02	267.870	9.0380	0.000000
PambO	0.274064	0.025001	3114.19	284.091	10.9619	0.000000
AparInt	0.153171	0.019168	27.05	3.386	7.9910	0.000000
PD	-0.165168	0.031671	-693.28	132.935	-5.2152	0.000000
AAbO*sombra	-0.051980	0.009014	-99.16	17.195	-5.7665	0.000000
cob*AUAmb	-0.105441	0.026106	-30.16	7.466	-4.0389	0.000054
cob	0.128914	0.045819	1673.33	594.739	2.8136	0.004913
APambO*aPar	-0.581962	0.106383	-868.54	158.769	-5.4705	0.000000
CTPAR	0.086185	0.020926	1.01	0.244	4.1185	0.000039
SomAparExt*Ctpar	-0.038996	0.011692	-0.02	0.007	-3.3352	0.000856
AfambO*Upar	-0.658444	0.129101	-279.56	54.813	-5.1002	0.000000
APambL	-0.622147	0.132701	-540.05	115.189	-4.6883	0.000003

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 16 para determinação do indicador de graus hora de resfriamento para ZB7.

$$\begin{aligned}
GH_R = & (a) + (b \cdot \text{somb}) + (c \cdot \alpha_{\text{cob}}) + (d \cdot CT_{\text{baixa}}) + (e \cdot \alpha_{\text{par}}) \\
& + (f \cdot \text{solo} \cdot AU_{\text{amb}}) + (g \cdot Ab_S) + (h \cdot \text{Som}A_{\text{par}}) + (i \cdot CT_{\text{alta}}) + (j \cdot \text{solo}) \\
& + (k \cdot \text{pil} \cdot AU_{\text{amb}}) + (l \cdot AAb_S \cdot \text{semsombra}) + (m \cdot AP_{\text{ambL}} \cdot U_{\text{par}} \cdot \alpha_{\text{par}}) \\
& + (n \cdot U_{\text{cob}} \cdot \alpha_{\text{cob}} \cdot \text{cob} \cdot AU_{\text{amb}}) + (o \cdot CT_{\text{cob}}) + (p \cdot PD/AU_{\text{amb}}) \\
& + (q \cdot AP_{\text{ambS}}) + (r \cdot F_{\text{vent}}) + (s \cdot A_{\text{parInt}} \cdot CT_{\text{par}}) + (t \cdot Ab_N) + (u \cdot P_{\text{ambN}}) \\
& + (v \cdot AP_{\text{ambO}} \cdot U_{\text{par}} \cdot \alpha_{\text{par}}) + (w \cdot U_{\text{cob}}) + (x \cdot AP_{\text{ambN}}) + (y \cdot AAb_N \cdot F_{\text{vent}}) + (z \cdot \\
& AAb_N) + (aa \cdot AP_{\text{ambN}} \cdot U_{\text{par}} \cdot \alpha_{\text{par}}) \\
& + [ab \cdot (U_{\text{par}} \cdot \alpha_{\text{par}}/CT_{\text{par}}) \cdot \text{Som}A_{\text{par}}] + (ac \cdot P_{\text{ambL}}) + (ad \cdot P_{\text{ambO}}) \\
& + (ae \cdot A_{\text{parInt}}) + (af \cdot PD) + (ag \cdot AAb_O \cdot \text{sombra}) + (ah \cdot \text{cob} \cdot AU_{\text{amb}}) \\
& + (ai \cdot \text{cob}) + (aj \cdot AP_{\text{ambO}} \cdot \alpha_{\text{par}}) + (ak \cdot CT_{\text{par}}) + (al \cdot \text{Som}A_{\text{parExt}} \cdot CT_{\text{par}}) + (am \cdot \\
& AP_{\text{ambO}} \cdot U_{\text{par}}) + (an \cdot AP_{\text{ambL}})
\end{aligned}$$

Equação 16
– indicador
de graus-
hora para
resfriamento
da ZB7

Onde,

a= 16195,9377	k= -25,3375	u= 3647,3308	ae= 27,0537
b= -6292,1885	l= -298,4915	v= 469,8836	af= -693,2786
c= 5145,0087	m= 94,7187	w= -1341,2948	ag= -99,1571
d= 3727,9138	n= 110,3609	x= -586,4147	ah= -30,1558
e= 8932,3248	o= -0,8985	y= 416,5898	ai= 1673,3297
f= -52,7262	p= 9610,9011	z= -182,6811	aj= -868,5381
g= 72,7154	q= -434,0247	aa= 63,2490	ak= 1,0065
h= 520,0973	r= -2302,3773	ab= -5,1944	al= -0,0226
i= -1648,3363	s= -0,0119	ac= 2421,0221	am= -279,5554
j= -2738,0873	t= -1806,5932	ad= 3114,1878	an= -540,0451

3.3.7.2. Indicador de consumo relativo para refrigeração – ZB7

A regressão para predição do indicador de consumo relativo para refrigeração para zona bioclimática 7 (CR-ZB7) resultou na equação 17, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 34, abaixo

Tabela 34. Resumo da regressão de Consumo para Refrigeração – ZB7

	Valor
R múltiplo	0.958
R ² múltiplo	0.917
R ² ajustado	0.917
F(41,7345)	1931.738
p	0.000
Erro padrão	5581.857

O Gráfico da figura 23 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

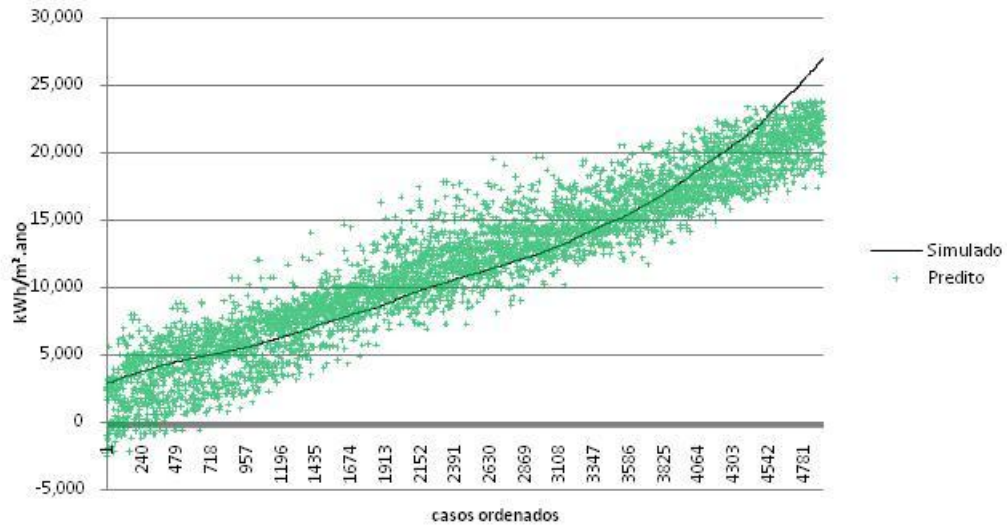


Figura 23 – aderência dos casos preditos aos simulados para CR/ZB7

Foram consideradas 28 variáveis para a predição do CR-ZB7. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 35, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 35. Parâmetros da regressão de Consumo para Refrigeração – ZB7

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(4895)	p-level
Intercept			52951.7	887.49	59.6647	0.000000
AUAmb	-0.431642	0.034427	-391.8	31.25	-12.5379	0.000000
CTBaixa	-0.322232	0.006383	-12991.3	257.35	-50.4820	0.000000
PD/AUAmb	0.738376	0.067084	113984.4	10355.83	11.0068	0.000000
aPAR	0.176557	0.007009	17594.0	698.47	25.1894	0.000000
solo	-0.165951	0.005005	-7463.5	225.11	-33.1551	0.000000
somb	-0.165595	0.007520	-7224.0	328.07	-22.0199	0.000000
CTCOB	0.115907	0.005065	5.0	0.22	22.8840	0.000000
SomApar	0.151794	0.010255	225.9	15.26	14.8019	0.000000
PambS	0.007611	0.015288	304.2	610.98	0.4978	0.618615
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.260285	0.011385	346.0	15.14	22.8619	0.000000
cob	-0.095774	0.008015	-4382.5	366.76	-11.9493	0.000000
(Ucob*aCob/Ctcob)*AUAmb	-0.067692	0.005245	-49.5	3.84	-12.9059	0.000000
cob*AUAmb	-0.149789	0.012864	-173.2	14.88	-11.6442	0.000000
AAbS*semSombra	-0.032224	0.006041	-669.9	125.59	-5.3339	0.000000
AAbN*semSombra	-0.017673	0.005804	-397.3	130.48	-3.0450	0.002339
pil	-0.031348	0.005016	-1374.2	219.88	-6.2498	0.000000
(UPar*aPar/Ctpar)*SomApar	-0.038194	0.007250	-11.5	2.18	-5.2679	0.000000
PD	-0.179403	0.044745	-2848.1	710.35	-4.0095	0.000062
APambN*aPar	-0.120459	0.021843	-534.8	96.98	-5.5148	0.000000
APambS*aPar	-0.155024	0.022944	-677.4	100.26	-6.7567	0.000000
AAbS*sombra	-0.025090	0.006311	-273.8	68.86	-3.9757	0.000071
APambS*UPar*aPar	0.122766	0.026891	271.2	59.41	4.5653	0.000005
APambN*UPar*aPar	0.093140	0.026435	209.4	59.43	3.5233	0.000430
AAbL*semSombra	0.023269	0.005571	526.4	126.03	4.1770	0.000030
AAbO*semSombra	0.021595	0.005578	484.6	125.20	3.8711	0.000110
PambN	0.031529	0.011916	1262.6	477.19	2.6459	0.008173
AfambS*UPar	-0.053388	0.020732	-68.8	26.71	-2.5751	0.010051
AfambN*UPar	-0.039446	0.020033	-51.0	25.92	-1.9691	0.049001

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 17 para determinação do indicador de consumo relativo para refrigeração para ZB7.

$$C_R = [(a) + (b \cdot AU_{amb}) + (c \cdot CT_{baixa}) + (d \cdot PD/AU_{amb}) + (e \cdot \alpha_{par}) + (f \cdot solo) + (g \cdot somb) + (h \cdot CT_{cob}) + (i \cdot SomA_{par}) + (j \cdot P_{ambS}) + (k \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (l \cdot cob) + [m \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + (n \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (o \cdot AAb_S \cdot semsombra) + (p \cdot AAb_N \cdot semsombra) + (q \cdot pil) + [r \cdot (U_{par} \cdot \alpha_{par}/CT_{par}) \cdot SomA_{par}] + (s \cdot PD) + (t \cdot AP_{ambN} \cdot \alpha_{par}) + (u \cdot AP_{ambS} \cdot \alpha_{par}) + (v \cdot AAb_S \cdot sombra) + (w \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (x \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par} \cdot \alpha_{par}) + (y \cdot AAb_L \cdot semsombra) + (z \cdot AAb_O \cdot semsombra) + (aa \cdot P_{ambN}) + (ab \cdot AP_{ambS} \cdot U_{par}) + (ac \cdot AP_{ambN} \cdot U_{par})]/1000$$

Equação 17 – consumo relativo para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB7

Onde,

a= 52951,6965	i= 225,9018	q= -1374,1983	y= 526,4490
b= -391,7722	j= 304,1750	r= -11,4855	z= 484,6476
c= -12991,2935	k= 346,0392	s= -2848,1500	aa= 1262,5931
d= 113984,3546	l= -4382,5465	t= -534,8389	ab= -68,7791
e= 17594,0090	m= -49,4946	u= -677,4260	ac= -51,0466
f= -7463,4905	n= -173,2405	v= -273,7613	
g= -7223,9589	o= -669,8933	w= 271,2224	
h= 5,0190	p= -397,3214	x= 209,4064	

3.3.8. Equações Zona Bioclimática 8: Salvador – TRY

3.3.8.1. Indicador de Graus hora para resfriamento - ZB8

A regressão para predição do indicador de Graus hora para resfriamento para zona bioclimática 8 (GHR-ZB8) resultou na equação 18, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 36, abaixo

Tabela 36. Resumo da regressão de Graus hora de Refrigeração – ZB8

	Valor
R múltiplo	0.905
R ² múltiplo	0.820
R ² ajustado	0.819
F(41,7345)	856.108
p	0.000
Erro padrão	1421.477

O Gráfico da figura 24 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

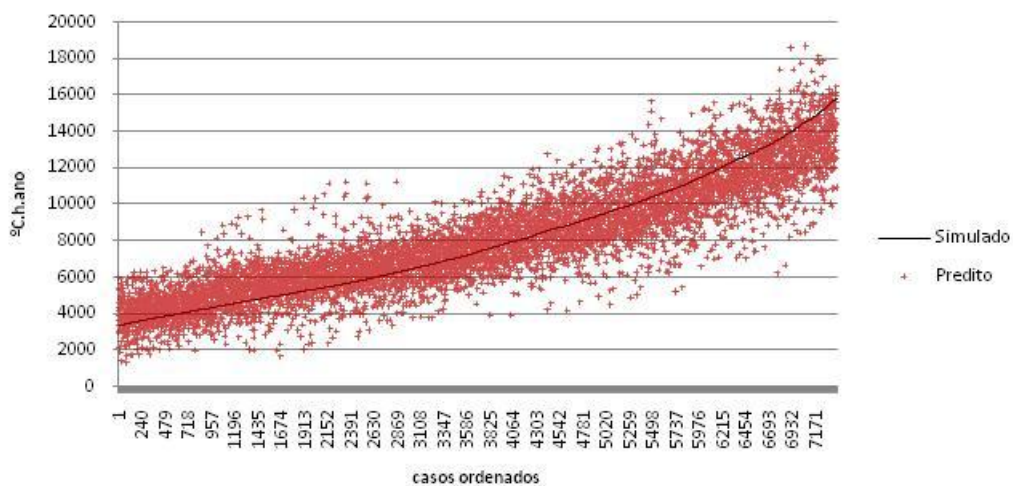


Figura 24 – aderência dos casos preditos aos simulados para GHR/ZB8

Foram consideradas 40 variáveis para a predição do GHR-ZB8. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 37, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 37. Parâmetros da regressão de Graus hora de Refrigeração – ZB8

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(7347)	p-level
Intercept			4957.71	259.5417	19.1018	0.000000
somb	-0.57167	0.010364	-4358.31	79.0127	-55.1596	0.000000
aCOB	0.29592	0.012031	3875.50	157.5591	24.5971	0.000000
aPAR	0.27783	0.007835	4833.63	136.3120	35.4601	0.000000
CTBaixa	0.37318	0.005773	2649.14	40.9792	64.6459	0.000000
PambO	0.31056	0.022912	2224.27	164.1028	13.5541	0.000000
solo*AUAmb	-0.11849	0.010360	-19.63	1.7167	-11.4374	0.000000
APambL*Upar*aPar	0.08555	0.022558	40.01	10.5507	3.7923	0.000150
PambN	0.43847	0.026220	3128.24	187.0621	16.7230	0.000000
pil*AUAmb	-0.09381	0.010457	-15.30	1.7058	-8.9714	0.000000
AAbO*semSombra	0.09844	0.006647	267.51	18.0623	14.8105	0.000000
Fvent	-0.11620	0.006921	-1923.14	114.5490	-16.7888	0.000000
AAbS*semSombra	-0.06889	0.008281	-135.58	16.2982	-8.3189	0.000000
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.29511	0.015665	76.03	4.0357	18.8391	0.000000
cob*AUAmb	-0.12568	0.015474	-21.89	2.6951	-8.1221	0.000000
AbN	-0.19398	0.020724	-1503.22	160.5970	-9.3602	0.000000
APambN	-0.05693	0.033924	-31.36	18.6846	-1.6782	0.093354
APambS	0.19747	0.028016	106.74	15.1433	7.0485	0.000000
PambL	0.21709	0.023148	1524.37	162.5353	9.3787	0.000000
APambN*Upar*aPar	0.08471	0.015738	41.40	7.6918	5.3825	0.000000
AbL	-0.14285	0.017403	-1089.08	132.6772	-8.2085	0.000000
PD/AUAmb	0.17590	0.013242	4861.22	365.9485	13.2839	0.000000
solo	-0.09221	0.009909	-703.14	75.5602	-9.3057	0.000000
SomApar	-0.01197	0.040506	-3.40	11.5088	-0.2955	0.767650
APambO*Upar*aPar	0.11416	0.014375	55.47	6.9850	7.9418	0.000000
CTCOB	-0.05591	0.006628	-0.38	0.0456	-8.4357	0.000000
CTAlta	0.04796	0.006227	338.31	43.9240	7.7021	0.000000
UCOB	-0.08874	0.011489	-556.22	72.0116	-7.7241	0.000000
APambL*aPar	0.10020	0.023643	91.99	21.7057	4.2379	0.000023
PambS	0.04831	0.025375	340.08	178.6489	1.9036	0.056997
pil	-0.05232	0.009925	-398.73	75.6369	-5.2716	0.000000
AAbL*semSombra	0.03226	0.008217	66.47	16.9307	3.9259	0.000087
AAbN*sombra	-0.03341	0.010543	-40.68	12.8358	-3.1692	0.001535
PD*AUAmb	-1.55576	0.092177	-78.91	4.6752	-16.8779	0.000000
AparInt	0.54200	0.033137	59.98	3.6668	16.3562	0.000000
AUAmb	1.22236	0.076801	152.91	9.6074	15.9160	0.000000
AAbN*Fvent	0.05308	0.012823	98.28	23.7418	4.1395	0.000035
AAbS*Fvent	0.06081	0.011568	112.51	21.4016	5.2568	0.000000
AAbL*Fvent	0.05136	0.011515	93.05	20.8606	4.4606	0.000008
AbS	-0.07687	0.020066	-586.45	153.0811	-3.8310	0.000129

$$\begin{aligned}
GH_R = & (a) + (b \cdot \text{somb}) + (c \cdot \alpha_{\text{cob}}) + (d \cdot \alpha_{\text{par}}) + (e \cdot CT_{\text{baixa}}) + (f \cdot P_{\text{ambO}}) \\
& + (g \cdot \text{solo} \cdot AU_{\text{amb}}) + (h \cdot AP_{\text{ambL}} \cdot U_{\text{par}} \cdot \alpha_{\text{par}}) + (i \cdot P_{\text{ambN}}) \\
& + (j \cdot \text{pil} \cdot AU_{\text{amb}}) + (k \cdot AAb_{\text{O}} \cdot \text{semsombra}) + (l \cdot F_{\text{vent}}) \\
& + (m \cdot AAb_{\text{S}} \cdot \text{semsombra}) + (n \cdot U_{\text{cob}} \cdot \alpha_{\text{cob}} \cdot \text{cob} \cdot AU_{\text{amb}}) \\
& + (o \cdot \text{cob} \cdot AU_{\text{amb}}) + (p \cdot Ab_{\text{N}}) + (q \cdot AP_{\text{ambN}}) + (r \cdot AP_{\text{ambS}}) \\
& + (s \cdot P_{\text{ambL}}) + (t \cdot AP_{\text{ambN}} \cdot U_{\text{par}} \cdot \alpha_{\text{par}}) + (u \cdot Ab_{\text{L}}) + (v \cdot PD/AU_{\text{amb}}) \\
& + (w \cdot \text{solo}) + (x \cdot \text{SomApar}) + (y \cdot AP_{\text{ambO}} \cdot U_{\text{par}} \cdot \alpha_{\text{par}}) + (z \cdot CT_{\text{cob}}) \\
& + (aa \cdot CT_{\text{alta}}) + (ab \cdot U_{\text{cob}}) + (ac \cdot AP_{\text{ambL}} \cdot \alpha_{\text{par}}) + (ad \cdot P_{\text{ambS}}) + (ae \cdot \text{pil}) \\
& + (af \cdot AAb_{\text{L}} \cdot \text{semsombra}) + (ag \cdot AAb_{\text{N}} \cdot \text{sombra}) + (ah \cdot PD \cdot AU_{\text{amb}}) \\
& + (ai \cdot A_{\text{parInt}}) + (aj \cdot AU_{\text{amb}}) + (ak \cdot AAb_{\text{N}} \cdot F_{\text{vent}}) + (al \cdot AAb_{\text{S}} \cdot F_{\text{vent}}) \\
& + (am \cdot AAb_{\text{L}} \cdot F_{\text{vent}}) + (an \cdot Ab_{\text{S}})
\end{aligned}$$

Equação 18
– indicador de graus-hora para resfriamento da ZB8

Onde,

a= 4957,7051	k= 267,5110	u= -1089,0840	ae= -398,7255
b= -4358,3120	l= -1923,1450	v= 4861,2191	af= 66,4689
c= 3875,5023	m= -135,5828	w= -703,1389	ag= -40,6794
d= 4833,6329	n= 76,0281	x= -3,4004	ah= -78,9077
e= 2649,1399	o= -21,8897	y= 55,4737	ai= 59,9755
f= 2224,2664	p= -1503,2234	z= -0,3847	aj= 152,9115
g= -19,6341	q= -31,3561	aa= 338,3054	ak= 98,2787
h= 40,0109	r= 106,7381	ab= -556,2222	al= 112,5051
i= 3128,2421	s= 1524,3703	ac= 91,9860	am= 93,0504
j= -15,3035	t= 41,4009	ad= 340,0819	an= -586,4518

3.3.8.2. Indicador de consumo para Refrigeração – ZB8

A regressão para predição do indicador de consumo relativo para refrigeração para zona bioclimática 8 (CR-ZB8) resultou na equação 19, cujo resumo analítico do método estatístico é apresentado na tabela 38, abaixo:

Tabela 38. Resumo da regressão de Consumo para Refrigeração – ZB8

	Valor
R múltiplo	0.942
R ² múltiplo	0.888
R ² ajustado	0.887
F(41,7345)	1940.710
p	0.000
Erro padrão	4971.630

O Gráfico da figura 25 indica a os valores observados pela simulação e os valores preditos pela regressão dos casos da base de dados.

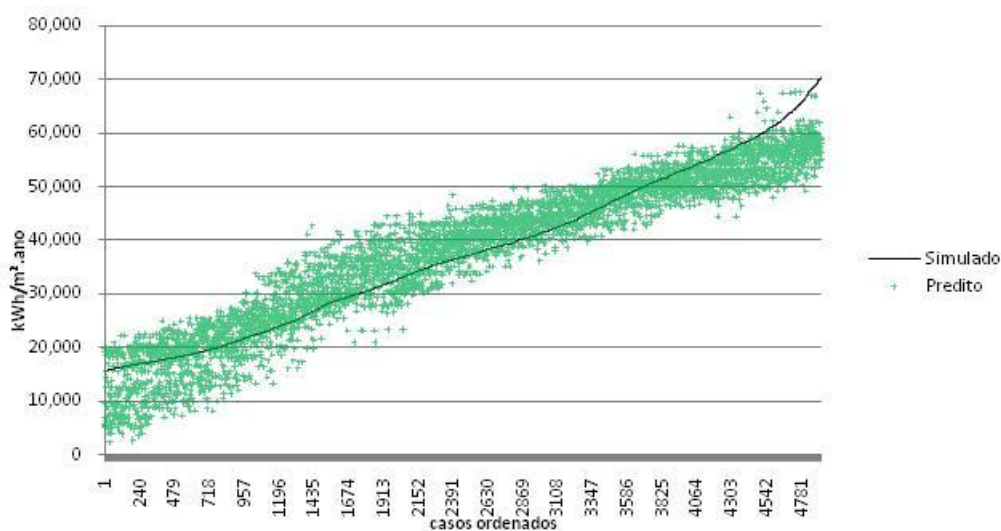


Figura 25 – aderência dos casos preditos aos simulados para CR/ZB8

Foram consideradas 20 variáveis para a predição do CR-ZB8. A avaliação da determinação do peso de cada variável é apresentada na tabela 39, sendo o coeficiente B a constante de cada variável.

Tabela 39. Parâmetros da regressão de Consumo para Refrigeração – ZB8

	Beta	Erro Padrão	B	Erro Padrão	t(4903)	p-level
Intercept			43374.8	598.127	72.5177	0.000000
AUAmb	-0.411596	0.035942	-287.0	25.064	-11.4516	0.000000
CTBaixa	-0.406657	0.005709	-12649.5	177.598	-71.2254	0.000000
aPAR	0.193727	0.005464	14820.6	418.023	35.4539	0.000000
PD/AUAmb	0.746130	0.069363	87889.7	8170.534	10.7569	0.000000
somb	-0.204412	0.005940	-6883.1	200.005	-34.4149	0.000000
CTCOB	0.153393	0.006084	5.2	0.205	25.2112	0.000000
AbS	-0.086552	0.007089	-2965.1	242.855	-12.2092	0.000000
SomAparExt*CTpar	0.063589	0.005834	0.1	0.008	10.8993	0.000000
cob	-0.044018	0.021001	-1550.7	739.830	-2.0960	0.036130
Ucob*aCob*Cob*AUAmb	0.305534	0.014165	320.4	14.856	21.5695	0.000000
pil	-0.100970	0.005832	-3447.8	199.141	-17.3132	0.000000
solo	-0.091137	0.005845	-3068.1	196.779	-15.5915	0.000000
cob*AUAmb	-0.201330	0.015578	-184.0	14.234	-12.9237	0.000000
(Ucob*aCob/CTcob)*AUAmb	-0.060135	0.005964	-36.3	3.603	-10.0827	0.000000
PambO	0.050833	0.005438	1556.0	166.468	9.3473	0.000000
AAbL*semSombra	0.026582	0.005733	466.3	100.576	4.6365	0.000004
UCOB	-0.115764	0.019734	-3115.0	530.994	-5.8663	0.000000
PD	-0.266268	0.045783	-3219.5	553.567	-5.8159	0.000000
AAbS*sombra	0.039978	0.007299	331.0	60.440	5.4770	0.000000
AAbN	0.028359	0.006058	220.0	47.004	4.6811	0.000003

Com a definição das variáveis preditoras relevantes e seus suas constantes, representadas pelo coeficiente B, foi elaborada a equação 19 para determinação do indicador de consumo relativo para refrigeração para ZB8.

$$C_R = [(a) + (b \cdot AU_{amb}) + (c \cdot CT_{baixa}) + (d \cdot \alpha_{par}) + (e \cdot PD/AU_{amb}) + (f \cdot somb) + (g \cdot CT_{cob}) + (h \cdot Ab_S) + (i \cdot SomA_{parExt} \cdot CT_{par}) + (j \cdot cob) + (k \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob} \cdot cob \cdot AU_{amb}) + (l \cdot pil) + (m \cdot solo) + (n \cdot cob \cdot AU_{amb}) + [o \cdot (U_{cob} \cdot \alpha_{cob}/CT_{cob}) \cdot AU_{amb}] + (p \cdot P_{ambO}) + (q \cdot AAb_L \cdot semsombra) + (r \cdot U_{cob}) + (s \cdot PD) + (t \cdot AAb_S \cdot sombra) + (u \cdot AAb_N)]/1000$$

Equação 19 – consumo relativo para refrigeração de dormitórios condicionados artificialmente da ZB8

Onde,

a= 43374,7654	g= 5,1613	m= -3068,0758	s= -3219,5098
b= -287,0178	h= -2965,0682	n= -183,9582	t= 331,0300
c= -12649,4661	i= 0,0866	o= -36,3306	u= 220,0301
d= 14820,5534	j= -1550,7079	p= 1556,0344	
e= 87889,6684	k= 320,4379	q= 466,3193	
f= -6883,1330	l= -3447,7812	r= -3114,9823	

3.4. Escalas de eficiência energética residencial

Com as equações preditoras de GHR, CA e CR obtém-se um indicador de desempenho para um ambiente avaliado. Entretanto para definir o nível de eficiência energética deste ambiente é necessário submeter este indicador a uma escala que define seu nível de eficiência energética. Seguindo o padrão de classificação do PROCEL foi adotada uma escala de “A” a “E”, sendo para “A” os valores mais eficientes e “E” para os menos eficientes.

Para definição do intervalo da escala os resultados das simulações de cada ZB foram ordenados em ordem crescente. Por exemplo, para criar a escala para ZB3 para verão os

valores de GHR foram ordenados do menor para o maior. O valor do ultimo caso, depois de descartar 10% dos casos finais, foi dividido por cinco para se obter um intervalo de cinco faixas iguais de nível de desempenho. Os 10% dos últimos casos ordenados foram considerados como nível E, e por isso foram descartados. Esse calculo para determinação do intervalo de eficiência é apresentado na tabela 40, a seguir.

Tabela 40 - determinação do intervalo entre os níveis de eficiência

		Valor Máximo	CASO 90%	CASO 90% / 5	Intervalo
ZB1	GHR	6192	717	143	143
	CR	19000	3,564	713	713
	CA	83499	39,879	7,976	11,334
ZB2	GHR	21974	10,427	2,085	2,310
	CR	79911	27,195	5,439	5,849
	CA	77954	35,218	7,044	8,218
ZB3	GHR	10345	4,108	822	822
	CR	54871	26,967	5,393	6,890
	CA	32145	15,278	3,056	4,285
ZB4	GHR	14816	3,633	727	727
	CR	68704	20,755	4,151	4,155
	CA	29188	9,674	1,935	1,978
ZB6	GHR	27362	13,723	2,745	2,745
	CR	107545	45,482	9,096	11,221
ZB7	GHR	45686	30,283	6,057	12,566
	CR	173233	91,607	18,321	34,483
ZB8	GHR	30956	15,779	3,156	5,209
	CR	144570	70,340	14,068	24,138

A partir do intervalo foram definidos os limites para as faixas de nível de eficiência energética de cada indicador para cada zona bioclimática. Estes limites foram definidos considerando o valor mínimo encontrado de cada parâmetro acrescido do valor de intervalo para definição de cada uma das faixas, conforme apresentado na tabela 41, abaixo.

Tabela 41 - definição das faixas de nível de eficiência energética

		Valor Mínimo	intervalo	Limite A	Limite B	Limite C	Limite D
ZB1	GHR	0	143	143	287	430	574
	CR	0	713	713	1,426	2,138	2,851
	CA	3358	11,334	14,692	26,026	37,359	48,693
ZB2	GHR	225	2,310	2,535	4,846	7,156	9,467
	CR	410	5,849	6,259	12,108	17,957	23,806
	CA	1174	8,218	9,392	17,609	25,827	34,044
ZB3	GHR	0	822	822	1,643	2,465	3,286
	CR	1497	6,890	8,387	15,278	22,168	29,059
	CA	1229	4,285	5,514	9,798	14,083	18,367
ZB4	GHR	0	727	727	1,453	2,180	2,906
	CR	4	4,155	4,159	8,314	12,469	16,624
	CA	43	1,978	2,021	3,999	5,976	7,954
ZB6	GHR	0	2,745	2,745	5,489	8,234	10,978
	CR	2125	11,221	13,346	24,568	35,789	47,011
ZB7	GHR	6509	12,566	19,075	31,640	44,206	56,771
	CR	16162	34,483	50,645	85,129	119,612	154,096
ZB8	GHR	2053	5,209	7,262	12,471	17,679	22,888
	CR	10070	24,138	34,208	58,346	82,484	106,622

Com estes valores de limites para definição do nível de eficiência energética foram determinadas as escalas para cada zona bioclimática para os indicadores GHR, CA e CR, apresentados nas tabelas 42, 43 e 44.

Tabela 42 – Escala do nível de eficiência energética para o indicador GHR

	Condição ZB1	Condição ZB2	Condição ZB3	Condição ZB4	Condição ZB6	Condição ZB7	Condição ZB5 e ZB8
A	≤ 143	≤ 2.310	≤ 822	≤ 727	≤ 2.745	≤ 12.566	≤ 5.209
B	≤ 287	≤ 4.396	≤ 1.643	≤ 1.453	≤ 5.489	≤ 18.622	≤ 8.365
C	≤ 430	≤ 6.481	≤ 2.465	≤ 2.180	≤ 8.234	≤ 24.679	≤ 11.520
D	≤ 574	≤ 8.567	≤ 3.286	≤ 2.906	≤ 10.978	≤ 30.735	≤ 14.676
E	> 574	> 8.567	> 3.286	> 2.906	> 10.978	> 30.735	> 14.676

Tabela 43 – Escala do nível de eficiência energética para o indicador CA

	Condição ZB1 (kWh/m ² .ano)	Condição ZB2 (kWh/m ² .ano)	Condição ZB3 (kWh/m ² .ano)	Condição ZB4 (kWh/m ² .ano)
A	≤ 11,334	≤ 8,218	≤ 4,285	≤ 1,978
B	≤ 19,310	≤ 15,261	≤ 7,340	≤ 3,913
C	≤ 27,285	≤ 22,305	≤ 10,396	≤ 5,847
D	≤ 35,261	≤ 29,348	≤ 13,451	≤ 7,782
E	> 35,261	> 29,348	> 13,451	> 7,782

Tabela 44 – Escala do nível de eficiência energética para o indicador CR

	Condição ZB 1 (kWh/m ² .ano)	Condição ZB2 (kWh/m ² .ano)	Condição ZB3 (kWh/m ² .ano)	Condição ZB4 (kWh/m ² .ano)	Condição ZB6 (kWh/m ² .ano)	Condição ZB7 (kWh/m ² .ano)	Condição ZB5 e ZB8 (kWh/m ² .ano)
A	≤ 0,713	≤ 5,849	≤ 6,890	≤ 4,155	≤ 11,221	≤ 34,483	≤ 24,138
B	≤ 1,426	≤ 11,288	≤ 12,284	≤ 8,306	≤ 20,318	≤ 52,805	≤ 38,206
C	≤ 2,138	≤ 16,727	≤ 17,677	≤ 12,457	≤ 29,414	≤ 71,126	≤ 52,274
D	≤ 2,851	≤ 22,166	≤ 23,071	≤ 16,608	≤ 38,511	≤ 89,448	≤ 66,342
E	> 2,851	> 22,166	> 23,071	> 16,608	> 38,511	> 89,448	> 66,342

3.5. Frequência dos casos por nível de eficiência

Foram feitas análises dos valores observados pelas simulações e preditos pelas regressões considerando os níveis de eficiência energética estabelecidos pela escala de “A” a “E”. Foram elaborados histogramas com a frequência de ocorrência dos casos simulados e preditos em cada nível.

3.5.1. Histogramas para ZB1

Para o GHR observamos que a maioria dos casos são classificados como “A”, para CA a maioria dos casos são classificados como “B” e para CR existe uma distribuição decrescente de casos de “A” a “E”. Para os três indicadores os resultados preditos são pouco menores que os casos simulados em “A”, indicando que as equações predizem valores, em média para os melhores casos, maiores que os valores simulados.

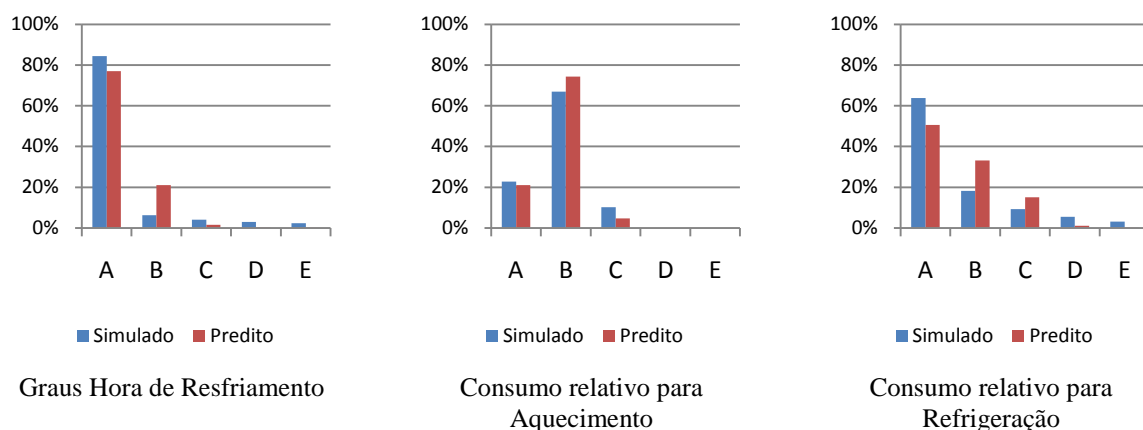


Figura 26. Histogramas dos casos simulados e preditos para cada indicador de desempenho para ZB1.

3.5.2. Histogramas para ZB2

Para o GHR observamos que a maioria dos casos aparecem entre “B” e “D”, para CA a maioria dos casos são classificados como “A” ou “B” e para CR existe uma distribuição de casos de “A” a “D”. Em “A”, para os três indicadores os resultados preditos são pouco menores que os casos simulados, indicando que as equações predizem valores, em média para os melhores casos, maiores que os valores simulados.

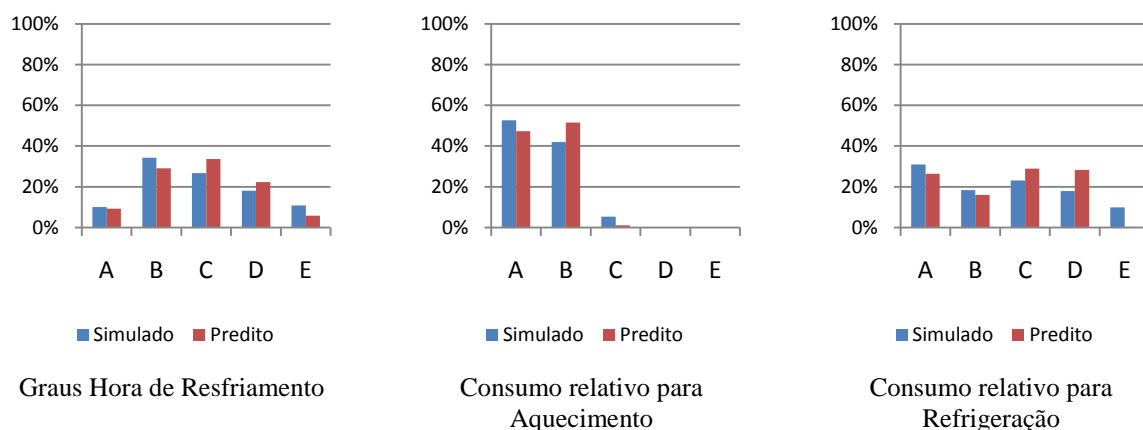


Figura 27. Histogramas dos casos simulados e preditos para cada indicador de desempenho para ZB2.

3.5.3. Histogramas para ZB3

Para o GHR observamos que os casos são distribuídos quase uniformemente entre os casos “A” e “C”, com um pequeno decréscimo. Para CA a maioria dos casos são classificados como “B” e para CR existe uma distribuição semelhante à GHR com casos de “A” a “D”. Em “A”, para os três indicadores os resultados preditos são pouco menores que os casos

simulados, indicando que as equações predizem valores, em média para os melhores casos, maiores que os valores simulados.

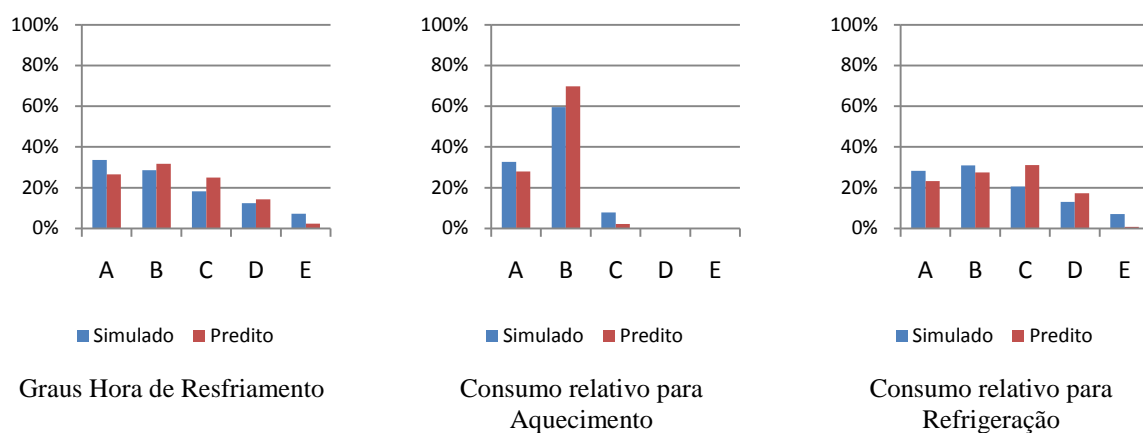


Figura 28. Histogramas dos casos simulados e preditos para cada indicador de desempenho para ZB3.

3.5.4. Histogramas para ZB4

Para o GHR e CA observamos que a maioria dos casos são classificados como “A” e para CR existe uma distribuição decrescente de casos de “A” a “E”. Em “A”, para os GHR e CR os resultados preditos são pouco menores que os casos simulados, indicando que as equações predizem valores, em média, maiores que os valores simulados.

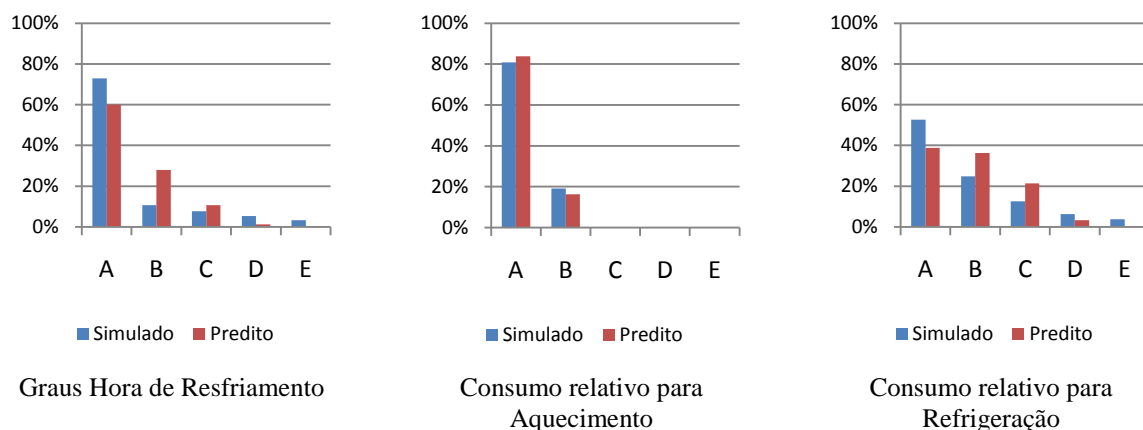
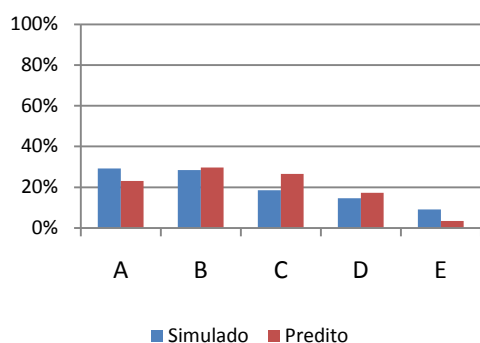


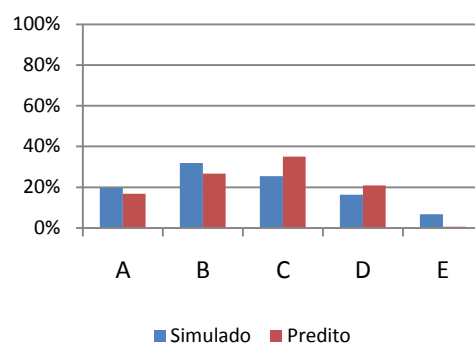
Figura 29. Histogramas dos casos simulados e preditos para cada indicador de desempenho para ZB4.

3.5.5. Histogramas para ZB6

Para o GHR e CR existe uma distribuição quase homogênea de casos de “A” a “D”. Em “A”, para os dois indicadores, os resultados preditos são pouco menores que os casos simulados, indicando que as equações predizem valores, em média para os melhores casos, maiores que os valores simulados.



Graus Hora de Resfriamento

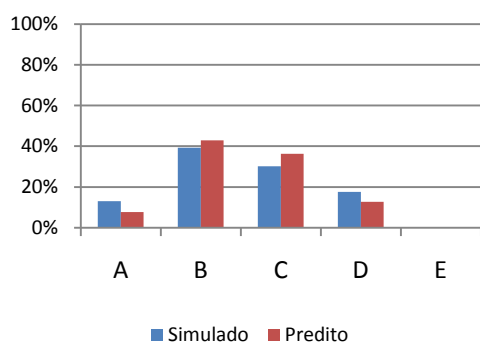


Consumo relativo para Refrigeração

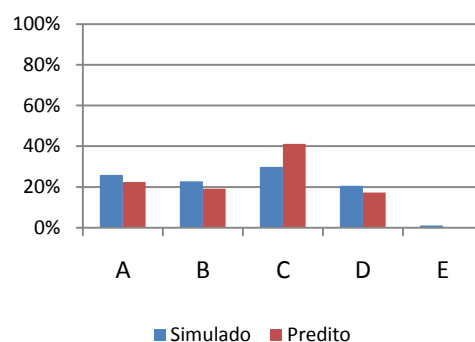
Figura 30. Histogramas dos casos simulados e preditos para cada indicador de desempenho para ZB6.

3.5.6. Histogramas para ZB7

Para GHR a maioria dos casos são classificados como “B” e “C” e para CR existe uma distribuição quase homogênea entre “A” e “D”, com frequência um pouco maior em “C”. As frequências para os casos simulados e preditos são bastante semelhantes, indicando uma boa aderência dos resultados preditos.



Graus Hora de Resfriamento

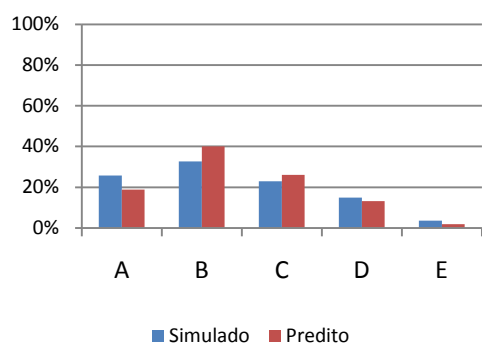


Consumo relativo para Refrigeração

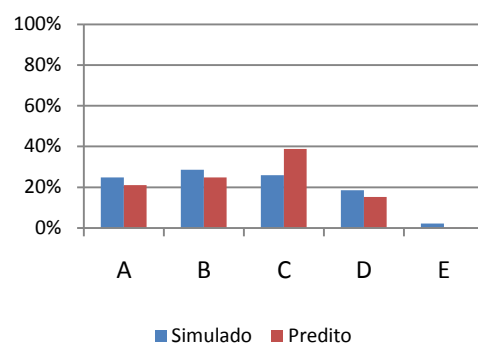
Figura 31. Histogramas dos casos simulados e preditos para cada indicador de desempenho para ZB7.

3.5.7. Histogramas para ZB8

Para GHR a maioria dos casos são classificados como “A” e “D”, com uma concentração um pouco maior em “C” e para CR existe uma distribuição quase homogênea entre “A” e “D”, com frequência um pouco maior em “C”. As frequências para os casos simulados e preditos são bastante semelhantes, indicando uma boa aderência dos resultados preditos.



Graus Hora de Resfriamento



Consumo relativo para Refrigeração

Figura 32. Histogramas dos casos simulados e preditos para cada indicador de desempenho para ZB8.

4. Conclusões

As equações de regressão linear múltipla permitem predizer os somatórios de graus hora para resfriamento e consumo relativos para aquecimento e refrigeração de um ambiente, e são utilizados como indicadores de desempenho térmico. Esses indicadores são submetidos a uma escala que classifica o ambiente analisado entre “A” e “E”, permitindo assim uma classificação de eficiência energética do ambiente conforme o padrão do programa de etiquetagem de edificações do PROCEL.

Porém, as regressões múltiplas apresentam um erro padrão que pode fazer com que uma avaliação pela equação seja classificada em outro nível de eficiência apenas considerando esse erro. Este problema pode ser mais crítico para as equações em que o erro padrão é próximo do valor de intervalo da faixa do nível de eficiência. A tabela 45 apresenta os erros padrões e intervalos das faixas de eficiência para cada equação, também são apresentadas as relações dos erros pelos intervalos, indicando o percentual de abrangência do erro em relação a faixa.

Tabela 45. Relação entre o erro padrão e o intervalo de faixa

Zona Bioclimática	Equação	R ²	Erro Padrão	Intervalo de faixa	Erro/Intervalo
ZB1	GHR	0,42	105	143	73%
	CA	0,64	485	713	68%
	CR	0,84	2939	11,334	26%
ZB2	GHR	0,82	966	2,310	42%
	CA	0,76	3511	5,849	60%
	CR	0,84	3678	8,218	45%
ZB3	GHR	0,80	452	822	55%
	CA	0,87	2281	6,890	33%
	CR	0,79	1282	4,285	30%
ZB4	GHR	0,63	522	727	72%
	CA	0,71	2488	4,155	60%
	CR	0,78	989	1,978	50%
ZB6	GHR	0,78	1642	2,745	60%
	CR	0,81	4368	11,221	39%
ZB7	GHR	0,77	2534	12,566	20%
	CR	0,91	5581	34,483	16%
ZB8	GHR	0,81	1421	5,209	27%
	CR	0,88	4971	24,138	21%

Através do coeficiente de correlação R², que representa o percentual dos casos da base da regressão que apresentam um erro que pode alcançar até o valor indicado, podemos concluir que para GHR da ZB1 42% dos casos possuem erro até 105GHR, ou seja 58% dos casos podem apresentar um erro maior que 105GHR. Se esse erro for maior que o intervalo da faixa, de 143GHR, a avaliação com certeza estará prejudicada. Portanto, as melhores equações são aquelas com R² maior e diferença entre erro padrão e intervalo da faixa maiores.

O método linear de regressão não é a melhor opção para trabalhar com variáveis não lineares, como pode acontecer com algumas variáveis deste estudo. É provável que seja possível melhorar a predição dos indicadores de desempenho através de métodos estatísticos por mineração de dados, como redes neurais e algoritmos genéticos. Estes métodos estatísticos mais avançados podem proporcionar erros padrões menores e coeficientes de correlação maiores.

5. Referências Bibliográficas

ABNT. **NBR 15220-1: Definições, Símbolos e Unidades**. Rio de Janeiro, 2005.

MATOS, Michele. **Simulação computacional do desempenho térmico de residências em Florianópolis utilizando a ventilação natural**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

OGLIARI, Paulo José. **Técnicas Estatísticas de Predição**. Material didático da disciplina INI 5649. Disponível em <<http://www.inf.ufsc.br/~ogliari/>>, acesso em 10 de junho de 2011.

SORGATO, Márcio. **Desenvolvimento da Base de Simulações para o RTQ-R**. Relatório Técnico LabEEE-2011/02. Florianópolis, 2011.