ANALYSE DER ENERGIEEFFIZIENZ DER STADTBIBLIOTHEK CAMPO MOURÃO-PR: PARAMETER DES NATIONALEN KENNZEICHNUNGSPROGRAMMS (RTQ-C) ANALYSE DER ENERGIEEFFIZIENZ DER STADTBIBLIOTHEK CAMPO MOURÃO- PR: PARAMETER DES NATIONALEN KENNZEICHNUNGSPROGRAMMS (RTQ-C)

ORIGINALER ARTIKEL

CARVALHO, Fanny Islana de Lima¹, HALMEMAN, Maria Cristina Rodrigues²,
LERCO, Felipe Matos dos Santos³

CARVALHO, Fanny Islana de Lima. HALMEMAN, Maria Cristina Rodrigues. LERCO, Felipe Matos dos Santos. **Analyse der Energieeffizienz der Stadtbibliothek Campo Mourão-PR: Parameter des nationalen Kennzeichnungsprogramms (RTQ-C).** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Jahr. 06, Hrsg. 10, Vol. 05, S. 43-62. Oktober 2021. ISSN: 2448-0959, Zuganglink: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek

ZUSAMMENFASSUNG

Der Bausektor, der für Umweltauswirkungen wie Abfallaufkommen, Wasser- und Energieverbrauch verantwortlich ist, steht vor der aktuellen Herausforderung, Energieeffizienz in die Baustelle und die nachträglich gebaute Umwelt zu bringen. In Bezug auf den Energieverbrauch hat INMETRO daher ein Kennzeichnungsprogramm entwickelt, das darauf abzielt, die Energieeffizienz von elektrischen Geräten und auch Gebäuden zu klassifizieren. Es ist nachgewiesen,

¹ Bachelor der Architektur and Urbanismus. ORCID: 0000-0002-1871-2618.

² Bachelor Bauingenieurwesen. ORCID: 0000-0002-2809-6601.

³ Promotion in Agrarwissenschaften. ORCID: 0000-0001-6964-7572.

dass öffentliche Gebäude das Nationales Energiesparlabel (ENCE) erhalten müssen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie die Energieeffizienz öffentlicher Gebäude gemessen, energetisch angemessen und damit nutzergerecht, ökologisch behaglich und wirtschaftlich gestaltet werden kann. Ziel der Arbeit war es, die Erlangung des ENCE Geral Labels zu simulieren und das Niveau der Energieeffizienz der Stadtbibliothek von Campo Mourão-PR darzustellen. Es wurde die durch die Technische Qualitätsverordnung für das Energieeffizienzniveau von Gewerbe-, Dienstleistungs- und öffentlichen Gebäuden (RTQ-C) festgelegte Prescriptive Method verwendet. Drei Gebäudesysteme wurden analysiert: Gehäuse, Beleuchtungssystem und Klimaanlage. Als Ergebnis zeigte das untersuchte Gebäude eine Effizienzklasse C auf einer Skala von A - E, wobei A sehr effizient und E nicht sehr effizient ist. Es wird der Schluss gezogen, dass das Gebäude den Benutzern neben einem hohen Energieverbrauch keinen Komfort bietet. Es ist jedoch möglich, Maßnahmen zu ergreifen, die zur Optimierung der Energieeffizienz am Standort beitragen können.

Schlüsselwörter: Gehäuse, Beleuchtungssystem, Klimaanlage, präskriptive Methode, Gesamtklassifizierung.

1. EINLEITUNG

Die Sorge der Industrieländer um den Umweltschutz führte zu internationalen Konferenzen, die nach wirtschaftlichen Alternativen suchten. (DEBATES INTERDISCIPLINARES VII, 2016). Beispiele für diese Konferenzen sind das Kyoto-Protokoll und das Stockholmer Übereinkommen. Im nationalen Szenario wurden öffentliche Gebäude ab 2014 verpflichtet, das Energieeffizienzlabel (ENCE) vorzulegen, wie es im Amtsblatt des Sekretariats für Logistik und Technologie des normativen IN02/2014 (CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO/BR, 2014) veröffentlicht wurde. Vor diesem Gesichtsfeld stellte sich die Frage, wie es möglich ist, die Energieeffizienz eines öffentlichen Gebäudes zu messen und den Nutzern Komfort und Wirtschaftlichkeit zu gewährleisten.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Das brasilianische Kennzeichnungsprogramm (PBE) ist zusammen mit der PBE Edifica aus Diskussionen hervorgegangen, die vom Nationalen Institut für Metrologie, Qualität und Technologie (INMETRO) initiiert wurden. Der Zweck dieses Programms besteht darin, das Bewusstsein der Verbraucher durch Informationen über den Betrieb von Geräten und deren Energieverbrauch zu schärfen (CONFERÊNCIA DE ESTUDOS EM ENERGIA ELECTRIC, 2019). In diesem Programm wurden die Technische Qualitätsverordnung für das Energieeffizienzniveau von Wohngebäuden (RTQ-R) und die Technischen Qualitätsanforderungen für das Energieeffizienzniveau von Gewerbe-, Dienstleistungs- und öffentlichen Gebäuden (RTQ-C) entwickelt. Das Kennzeichnungssystem misst die Energieeffizienz auf einer Skala von "A – E", wobei "A" effizienter und "E" weniger effizient ist. Der RTQ-C bewertet Gebäude mit zwei Methoden: Simulationsmethode (durchgeführt durch Software) und präskriptive Methode (durch Gleichungen erstellt).

Es gibt vier Arten von Etiketten, die sind: ENCE Allgemein (berücksichtigt drei Gebäudesysteme - Gehäuse, Beleuchtung und Klimaanlage); ENCE Teilweise (bewertet unabhängig jedes System); ENCE Simulation (erhalten während der Projektphase); und ENCE Gebautes Gebäude (kann nach Erhalt der Genehmigung der Arbeiten oder nachgewiesenen Strom- und Gasanschlüssen durch die Konzessionäre angefordert werden).

Dieser Artikel zielte darauf ab, das Niveau der Energieeffizienz der Stadtbibliothek zu ermitteln und die Errungenschaft des ENCE Allgemein zu simulieren. Die Analyse wurde in Anlehnung an das Handbuch zur Anwendung des RTQ-C Version 4, 2017 entwickelt. Um das allgemeine Ziel zu erreichen, wurde diese Arbeit aus folgenden spezifischen Zielen entwickelt: Beachten Sie die Voraussetzungen des Handbuchs zur Anwendung des RTQ -C; Daten vor Ort sammeln und Informationen über das Architekturprojekt verarbeiten; Berechnung und Ermittlung des Energieeffizienzniveaus für die drei Gebäudesysteme.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

2. MATERIALIEN UND METHODEN

2.1 MATERIALIEN

Die derzeitige Stadtbibliothek Lehrer Egydio Martello befindet sich im zentralen Bereich von Campo Mourão-PR. Die Stadt hat ca. 96.102 Einwohner (IBGE, 2020). Campo Mourão ist ein Zentrum der COMCAM (Gemeinschaft der Gemeinden der Region Campo Mourão), die fünfundzwanzig Gemeinden vertritt, auf diese Weise bietet die Stadt Unterstützung für ihre Mikroregion durch medizinische Versorgung, Bildung, Industrie und andere Bereiche.

Bild 01. Standort der Stadtbibliothek.

Quelle: Jairo Jerônimo de Campos Filho (2021).

Das zu untersuchende Gebäude hat eine große historische Relevanz im Kontext der Entwicklung der Gemeinde, da es ursprünglich als Busbahnhof konzipiert wurde.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Anschließend wurde das Gebäude für die Bibliothek angepasst, die am 30. Dezember 2004 eröffnet wurde.

Bild 02. Alter Busbahnhof von Campo Mourão (A), heutige Stadtbibliothek (B), Hauptfassade Stadtbibliothek (C).

Quelle: (A) Persönliche Sammlung von Jair Elias dos Santos Júnior (1969) und (B, C) Sammlung der Stadtbibliothek Lehrer Egidio Martello (2007).

Neben einer umfangreichen Sammlung, Räumen für künstlerische Ausstellungen, einer Spielzeugbibliothek und Studienräumen beherbergt die Bibliothek auch die Academia Mourãoense de Letras. Es ist ein lineares Gebäude mit zwei Etagen in Stahlbetonkonstruktion mit einer bebauten Gesamtfläche von 1772,92 m², gemäß dem Bibliotheksplan in Abbildung 03. Ein Großteil seiner Hülle besteht aus durchscheinenden Glasvorhängen, die begünstigt die ungewollte Erwärmung von

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Innenräumen. Es ist wichtig zu betonen, dass die Hauptfassade nach Nordosten ausgerichtet ist und daher im Sommer eine hohe Sonneneinstrahlung erhält.

Bild 03. Layout Bibliothek Erdgeschoss (A), Büros Erdgeschoss (B), Bibliothek im Obergeschoss (C).

Quelle: Adaptiert vom ursprünglichen Architekturprojekt (2003).

2.2 METHODEN

Die für die vorliegende Studie gewählte Methode ist die präskriptive Methode, die nur für konditionierte Gebäude gilt und die Energieeffizienz durch Gleichungen gemäß der bioklimatischen Zone und der Gesamtfläche des Gebäudes bewertet. Um

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Bewertungen für das allgemeine ENCE-Geral zu erhalten, wurden drei Systeme analysiert: arial

, Lichtsystem und Klimaanlage. Diese Methodik erfordert eine Bewertung allgemeiner und systemspezifischer Voraussetzungen, die im Folgenden erörtert werden.

2.2.1 ALLGEMEINE VORAUSSETZUNGEN

Für die Stufen A, B und C gibt es zwei allgemeine Voraussetzungen. Die Nichteinhaltung wirkt sich auf die endgültige Gebäudebewertung aus.

- Das Gebäude muss für jede Nutzung einen eigenen Stromkreis haben, sei es Klimaanlage, Lampen oder andere. Das Handbuch für die Anwendung von RTQ-C (2017) stellt jedoch fest, dass dieser Punkt für Gebäude, die vor 2009 gebaut wurden, nicht obligatorisch ist, daher ist das untersuchte Gebäude davon ausgenommen.
- Warmwasserbereitung: Diese Voraussetzung gilt nur in Gewerbe- oder Dienstleistungsgebäuden, in denen der Warmwasserverbrauch mehr als 10% des gesamten Energiebedarfs beträgt. Im Falle des Untersuchungsgegenstandes gibt es keine Installation von Warmwasserbereitern, daher gilt dieser Punkt nicht.

2.2.2 GLEICHUNGEN FÜR DAS BERECHNUNGSVERFAHREN

Im Prozess der individuellen Klassifizierung der Systeme sowie für die allgemeine Klassifizierung der Effizienz wurden Gleichungen nach Tabelle 01 verwendet.

Tabelle 01. Allgemeine Tabelle der Gleichungen.

NOME	EQUAÇÃO	VARIÁVEIS
Equação 01	$\text{IC env} = -14,14.FA - 113,94.FF + 50,82.PAF_{\text{total}} + 4,86.FS - 0,32.AVS + 0,26.AHS - \frac{35,75}{FF} - 0,54.PAF_{\text{total}}.AHS + 277,98$	<p>IC env: Indicador de Consumo da Envolória.</p> <p>Ape: Área de projeção do edifício (m²);</p> <p>Atot: Área total construída (m²);</p> <p>Aenv: Área da envoltória (m²);</p> <p>Apcob: Área de projeção da cobertura (m²);</p> <p>AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento</p> <p>AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento</p> <p>FF: Fator de Forma, (Aenv/ Vtot);</p> <p>FA: Fator Altura, (Apcob/ Atot);</p> <p>FS: Fator Solar;</p> <p>PAF_T: Percentual de Abertura na Fachada total: média do percentual de aberturas existentes;</p>

Equação 05	$PT = 0,3 \cdot \left\{ \left(EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + 0,3 \cdot (EqNumDPI) + 0,4 \cdot \left\{ EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b_0^1$	<p>EqNumEnv: Equivalente Numérico Envoltória AC: Área Condicionada AU: Área útil APT: Área de permanência Transitória ANC: Área não condicionada EqNumV: Equivalente Numérico Área Ventilada EqNumDPI: Equivalente Numérico Densidade de Potência Instalada EqNumCa: Equivalente Numérico Condicionamento de Ar b: Bonificações</p>
		Vto_t: Volume total da edificação (m ³);
Equação 02	$i = \frac{IC_{máx} - IC_{mín}}{4}$	<p>i: Intervalo IC_{max}: Indicador de Consumo máximo IC_{min}: Indicador de Consumo Mínimo</p>
Equação 03	$P_{lim} = A^2 \cdot DPIL$	<p>Plim: Potência Limite A: Área iluminada DPIL: Densidade de Potência Instalada Limite</p>
Equação 04	$EqNumCA = \sum_{n=1}^x \left[EqNumCA_n \frac{Capn}{Capt} \right]$	<p>EqNumCA: Equivalente Numérico de Condicionamento de Ar Capn: Capacidade de cada sistema Capt: Capacidade total dos sistemas x: Quantidade de sistemas</p>

Quelle: Angepasst an das Anwendungshandbuch für RTQ-C (2017).

2.2.3 GEHÄUSE

Um die spezifischen Voraussetzungen des Envelomycin-Systems zu erfüllen, sollten die Werte der in Abbildung 02 beschriebenen Variablen beachtet werden.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Tabelle 02. Besondere Anforderungen für Gehäuse - Zone 3.

Nível	Transmitância Térmica (U)		Cores e Absortância Térmica (α)		Iluminação Zenital
	Cobertura		Parede	Cobertura	Parede
-	Ambiente Condicionado	Ambiente não condicionado	-	-	
A	1.0 W/m ² K	2.0 W/m ² K	3.7 W/m ² k	< 0.50	< 0.50
B	1.5 W/m ² k	2.0 W/m ² K	3.7 W/m ² k	< 0.50	N/A
C	2.0 W/m ² K		3.7 W/m ² k	N/A	
D			> 3.7 W/m ² K		
E	> 2.0 W/m ² K		> 3.7 W/m ² K		

Quelle: Adaptiert aus dem RTQ-C Application Manual (2017).

ABNT NBR 15220-2 (2008) legt Parameter für die thermische Leistung von Gebäuden fest. Nach der Überprüfung der Einhaltung der oben genannten Werte gemäß der Norm ist es notwendig, die bioklimatische Zone zu beobachten, in die das Untersuchungsobjekt eingefügt wird. Gemäß Anhang 1 des Handbuchs für die Anwendung von RTQ-C (2017) befindet sich die Stadt Campo Mourão in der bioklimatischen Zone 3, wie in Abbildung 04 dargestellt.

Bild 04. Bioklimatische Zonierung von Brasilien.

Quelle: Bioklimatismus (2021).

Für das Berechnungsverfahren waren die aus dem Architekturprojekt extrahierten Informationen und die Variablen nach Tabelle 01 notwendig.

In Anbetracht der Berücksichtigung der Angabe des Handbuchs je nach Fläche des Untersuchungsobjekts für Flächen von mehr als 500 m² passt Gleichung 01 in das Gebäude.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Bald darauf wurden das minimale IC und das maximale IC mit der gleichen Gleichung bestimmt, jedoch mit den Eingabewerten gemäß Diagramm 03.

Tabelle 03. Maximale IC - und minimale IC -Parameter.

	PAF_T	FS	AVS	AHS
IC máximo	0,60	0,61	0	0
IC mínimo	0,05	0,87	0	0

Quelle: Handbuch für die Anwendung von RTQ-C (2017).

Daher wurde das Intervall (i) von maximalem IC und minimalem IC nach Gleichung 02 berechnet. Mit dem Wert von (i) wurde Tabelle 04 definiert:

Tabelle 04. Grenzen der Intervalle der Wirkungsgrade.

Eficiência	A	B	C	D	E
Lim. Mín.	N/A	IC máx – 3i + 0,01	IC máx – 2i + 0,01	IC máx – i + 0,01	IC máx + 0,01
Lim. Máx.	IC máx – 3i	IC máx -2i	IC máx – i	IC máx	N/A

Quelle: Handbuch für die Anwendung von RTQ-C (2017).

Schließlich wurde aus den Werten in Tabelle 04 die IC -Envelavel-Rate mit den maximalen IC - und Minimal- IC -Grenzwerten verglichen, um den Wirkungsgrad zu ermitteln.

2.2.4 BELEUCHTUNGSSYSTEM

Die Einhaltung der spezifischen Voraussetzungen für die Beleuchtungsanlage ist in Grafik 05 beschrieben.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Tabelle 05. Voraussetzungen für die Beleuchtung.

Pré-Requisito	Nível A	Nível B	Nível C	Situação
1. Divisão dos circuitos	Exigido	Exigido	Exigido	Isento
2. Contribuição da luz natural	Exigido	Exigido	N/A	Não atende
3. Desligamento automático do sistema de iluminação	Exigido	N/A	N/A	Não atende

Quelle: Adaptiert aus dem RTQ-C Application Manual (2017).

Das zu untersuchende Gebäude ist von der Voraussetzung Nummer 1 ausgenommen und erfüllt die anderen Voraussetzungen nicht, so dass das Niveau der Beleuchtungsanlage automatisch nur als maximale Klassifizierung die Stufe C haben kann. Seine endgültige Klassifizierung unterliegt jedoch den Berechnungen der installierten Leistungsdichtegrenze.

Es gibt zwei Methoden zur Berechnung der Effizienz des Beleuchtungssystems:

- Flächenmethode: Bewertet gemeinsam Umgebungen (für Gebäude mit 3 Hauptaktivitäten oder Aktivitäten, die mehr als 30% der bebauten Fläche einnehmen).
- Aktivitätsmethode: Bewertet jede Aktivität individuell.

Da die Stadtbibliothek 3 Hauptaktivitäten beherbergt und mehr als 30% der Gesamtfläche einnimmt, haben wir uns für die Flächenmethode entschieden. Das Berechnungsverfahren erfolgte aus folgenden Schritten:

a) Die Hauptaktivitäten wurden gemäß der Tabelle der akzeptablen höchsten Grenze der Beleuchtungsleistungsdichte (DPIL) für das gewünschte Effizienzniveau - Methode des Gebäudebereichs, des Handbuchs für die Anwendung von RTQ-C (2017) identifiziert. Für nicht beschriebene Tätigkeiten wurde eine gleichwertige Tätigkeit gewählt.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

- b) Die Fläche jeder Aktivität wurde in Quadratmetern identifiziert.
- c) Dann wurde die Grenzleistung für jede Aktivität definiert, wobei die Fläche multipliziert wurde, die von der DPIL beleuchtet wurde, die in derselben Tabelle des Handbuchs gemäß Gleichung 03 angegeben ist. Aus der Grenzleistung für jede Aktivität bestimmte die Summe der Kräfte die Grenzkraft des Gebäudes.
- d) Schließlich wurde die im Gebäude installierte Gesamtleistung mit der Grenzleistung verglichen, um den Wirkungsgrad des Beleuchtungssystems unter Verwendung des in Tabelle 06 angegebenen numerischen Äquivalents zu bestimmen.

Tabelle 06. Numerisches Äquivalent (EqNum) für jede Effizienzstufe.

A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Quelle: RTQ-C Application Manual (2017).

2.2.5 KLIMAANLAGE

Die in der Stadtbibliothek installierten Klimaanlage sind von INMETRO zertifiziert, so dass die technischen Informationen des Instituts selbst und der Hersteller

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

verwendet wurden. Das Verfahren zur Bestimmung der Effizienz des Systems wurde in Stufen unterteilt:

- a) Die Effizienz jedes Systems wurde durch das Etikett auf dem Gerät beobachtet.
- b) Der Gewichtungskoeffizient wurde anhand des Verhältnisses zwischen der Leistung jeder Einheit und der Summe der Potenz aller Einheiten bestimmt.
- c) Aus dem Gewichtungskoeffizienten multipliziert mit dem numerischen Äquivalent gemäß Tabelle 06 wurde das gewichtete Ergebnis erhalten.
- d) Die Summe der gewichteten Ergebnisse jeder Einheit bestimmt den Gesamtwirkungsgrad, ausgedrückt in Gleichung 04.

Da es unterschiedliche Wirkungsgrade gibt, muss die Klimaanlage gemäß Tabelle 07 ihr numerisches Äquivalent haben:

Tabelle 07. Numerische Entsprechung für Klimaanlage und Gesamtnote.

A	> 4,5 a 5
B	> 3,5 a < 4,5
C	> 2,5 a < 3,5
D	> 1,5 a < 2,5
E	<1,5

Quelle: RTQ-C Application Manual (2017).

2.2.6 GESAMTPUNKTZAHL

Die Bestimmung des Gesamtwirkungsgrades des Gebäudes wird durch Gleichung 05 ausgedrückt, die Gewichte für jedes System zuweist: 30% für Wickel, 30% für Beleuchtungssystem und 40% für Klimaanlage. Aus dem Ergebnis der Gleichung ist es notwendig, den für jede Ebene ermittelten numerischen Wert umzurechnen, wie in Tabelle 07 gezeigt.

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

3.1 GEHÄUSE

Zur Analyse des Gehäuses wurde zunächst die Einhaltung der spezifischen Voraussetzungen für dieses System beobachtet. Tabelle 08 zeigt die Punktzahl für jede Voraussetzung.

Tabelle 08. Einhaltung bestimmter Voraussetzungen.

Nível	Transmitância Térmica (U)		Cores e Absortância Térmica (α)	
	Cobertura	Parede	Cobertura	Parede
	Telha fibrociment o 0.7 cm $U = 1.75 \text{ Wm}^{-2}\text{K}$	Tijolo 6 furos circulares, assentados na maior dimensão. $U = 1.88 \text{ Wm}^{-2}\text{K}$	Telha fibrociment o 0.7 cm $\alpha = 0.30$	Vidro Incolor $\alpha = 0.25$
	C	A	A	A

Quelle: Eigene Autorschaft.

Als nächstes wurde der Verbrauchsindikator (IC) nach Gleichung 01 bestimmt. Tabelle 09 gibt die Werte für jede Variable an, die aus dem Architekturprojekt stammen.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Tabelle 09. Projektvariablen.

Variáveis de Projeto	Valores
Ape: Área de projeção do edifício (m ²);	799.97 m ²
Atot: Área total construída (m ²);	1599.95 m ²
Aenv: Área da envoltória (m ²);	2641.75 m ²
Apcob: Área de projeção da cobertura (m ²);	1280.13 m ²
AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento	0*
AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento;	0*
FF: Fator de Forma, (Aenv/ Vtot);	0.401
FA: Fator Altura, (Apcob/ Atot);	0.194
FS: Fator Solar;	0.27
PAFT: Percentual de Abertura na Fachada total: média do percentual de aberturas existentes;	34.76%
Vtot: Volume total da edificação (m ³);	6575.15 m ³

Quelle: Eigene Autorschaft.

* Nullwerte, da das Gebäude keine Traufen oder vertikale Elemente des Sonnenschutzes aufweist.

Zur Bestimmung des Solarfaktors wurde das handelsübliche Gebäudeglas Cool Lite 114 PN 8 mm verwendet, wie es im Katalog der thermischen und optischen Eigenschaften von in Brasilien vertriebenem Glas angegeben ist. Nach der Berechnung ergab sich der Gehäuse Verbrauchsanzeige (IC) von 159.373.

Dann wurden der maximale IC (IC_{max}) und der minimale IC (IC_{min}) berechnet, ebenfalls unter Verwendung von Gleichung 01, jedoch unter Ersetzen der in Tabelle 04 beschriebenen Werte. Als Ergebnis wurde geschlossen, dass IC_{max} gleich 173,852 und IC_{min} gleich ist bis 147.165.

Um das Intervall (i) IC_{max} und IC_{min} zu berechnen, wurde Gleichung 02 angewendet, wobei das erhaltene Ergebnis 6.671 war.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Aus dem Ergebnis von (i) wurden die Werte von (i) der Tabelle 05 durch 6.671 ersetzt, was zu Tabelle 10 führt, die die Mindest- und Höchstgrenzen für jede Effizienzstufe darstellt.

Tabelle 10. Maximale und minimale IC_{env} -Werte für jede Ebene.

	A	B	C	D	E
Mínimo	N/A	$IC_{m\acute{a}x} - 3i + 0,01$	$IC_{m\acute{a}x} - 2i + 0,01$	$IC_{m\acute{a}x} - i + 0,01$	$IC_{m\acute{a}x} + 0,01$
		$173,852 - 3(6,671) + 0,01$	$173,852 - 2(6,671) + 0,01$	$173,852 - 6,671 + 0,01$	$173,852 + 0,01$
		$173,852 - 20,013 + 0,01$	$173,852 - 13,342 + 0,01$		
		*153,849	160,52	167,191	173,862
	A	B	C	D	E
Máximo	$IC_{m\acute{a}x} - 3i$	$IC_{m\acute{a}x} - 2i$	$IC_{m\acute{a}x} - i$	$IC_{m\acute{a}x}$	N/A
	$173,852 - 3(6,671)$	$173,852 - 2(6,671)$	$173,852 - 6,671$		
	$173,852 - 20,013$	$173,852 - 13,342$			
	153,839	*160,51	167,181	173,852	

Quelle: Eigene Autorschaft.

* Tatsächlicher Wert des Bibliotheks- IC_{env} mit den gefundenen Grenzwerten, wobei das Hüllkurven-Effizienzniveau B ist ($160,51 < 159,373 > 153,849$).

3.2 BELEUCHTUNGSSYSTEM

Um den Wirkungsgrad des Beleuchtungssystems mit der Flächenmethode zu bestimmen, wurden die in jedem Raum der Bibliothek entwickelten Aktivitäten identifiziert. Die Einhaltung der Voraussetzungen wurde für jede Umgebung individuell beobachtet, schließlich wurde die Analyse des Systems als Ganzes durch die Summe der DPIL aller Umgebungen durchgeführt. Das Berechnungsverfahren basierte auf den in Tabelle 11 enthaltenen Informationen.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Tabelle 11. Klassifizierung des Beleuchtungssystems.

Atividade		Biblioteca 1º Pavimento	Biblioteca 2º Pavimento	Escritório	Total Edifício*
Área Iluminada (m²)		559.6	282.48	359.63	1201.71
DPIL RTQ-C	A	12.7		9.7	N/A
	B	14.6		11.2	
	C	16.5		12.6	
	D	18.4		14.1	
Lâmpadas	40 W	90 units	104 units	146 units	340
	18 W	142 units	0	0	142
Potência Instalada (W)		6156	4160	5840	16156
Potência Limite (W)	A	7106.92	3587.49	3488.41	14182.82
	B	8170.16	4124.2	4027.85	16322.21
	C	9233.4	4660.92	4531.33	18425.65
	D	10296.64	5197.63	5070.78	20565.05
Classificação Edifício	Nível B				

Quelle: Eigene Autorschaft.

* Die gesamte beleuchtete Fläche des Gebäudes in Quadratmetern stellt nur die erweiterten Aufenthaltsbereiche dar, dh sie umfasst keine Nebenbereiche wie Badezimmer, Speisekammer, Verkehr und andere. Da die im Handbuch zur Anwendung des RTQ-C beschriebenen Gleichungen bereits eine Marge unter Berücksichtigung dieser Nebenbereiche vorhersagen.

Gemäß den DPIL-Berechnungen jeder Umgebung gemäß Gleichung 03 wird das Beleuchtungssystem als Stufe B klassifiziert. In Anbetracht der Überlegungen, dass das zu untersuchende Gebäude die Voraussetzungen nach Grafik 05 nicht erfüllt, sinkt die Endnote des Beleuchtungssystems auf Stufe C.

3.3 KLIMAANLAGE

Um die Effizienz der Klimaanlage zu bestimmen, wurden die Berechnungen nach der Methodik durchgeführt, und in Anbetracht der Berücksichtigung, dass alle Klimaanlage der Bibliothek einen Geteiltdeckentyp haben, wurden die folgenden Ergebnisse erzielt, wie in Tabelle 12 gezeigt.

Tabelle 12. Klassifizierung von Klimaanlage.

Ambiente	Biblioteca 1º Pavimento	Biblioteca 2º Pavimento		Escritório		
Fabricante	ELGIN	ELGIN	GREE	RHEEM	KOMECO	AUSTIN
Quantidade	3	2	2	2	1	1
Potência (Btu/h)	60000	60000	9000	20000	57000	60000
Classificação Energética	C	C	A	D	D	D
Equivalente Numérico	3	3	5	2	2	2
Coeficiente de Ponderação	0.22	0.22	0.03	0.07	0.21	0.22
Resultado Ponderado	0.66	0.66	0.15	0.14	0.42	0.66

Quelle: Eigene Autorschaft. Aus der Anwendung der Gleichung 04 ergibt sich ein Ergebnis von 2,69, was nach Tabelle 07 dem Wirkungsgrad C entspricht.

3.4 GESAMTPUNKTZAHL (PT)

Um die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes zu definieren, wurden die Ergebnisse jedes einzelnen Systems in Gleichung 05 synthetisiert. Tabelle 13 zeigt die Werte für jede verwendete Variable.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Tabelle 13. Gleichungsvariablen 05.

EqNumEnv	4
AC	1201,71 m ²
AU	1592,73 m ²
APT	182,86 m ²
ANC	N/A*
EqNumV	N/A*
EqNumDPI	4
EqNumCA	3
B	N/A*

Quelle: Eigene Autorschaft.

* Variablen gelten nicht für konditionierte Umgebungen.

Das PT-Ergebnis betrug 3.111 und lag damit innerhalb der C-Stufe der Energieeffizienz.

4. ENDGÜLTIGE ÜBERLEGUNGEN

Es wird der Schluss gezogen, dass die Stadtbibliothek von Campo Mourão keine zufriedenstellenden Ergebnisse der Energieeffizienz vorliegt. Um seine Effizienz zu optimieren, wird empfohlen:

- Intervention in der Envelanamy mit Installation von Sonnenschutzelementen, wie horizontale und vertikale Traufen, Brise, Cobogos, unter anderem.
- In Bezug auf das Beleuchtungssystem wird empfohlen, die Stromkreise so zu unterteilen, dass die Lampen in der Nähe der Fenster für die Verwendung von natürlichem Licht abgeschaltet werden können.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

- Was das Klimaanlage-System betrifft, ist es wichtig, die aktuelle Ausrüstung zu ersetzen, die keinen Wirkungsgrad A hat, da 36% der Geräte eine D-Bewertung haben.
- Zusätzlich zu diesen Maßnahmen wird auch empfohlen, Faserzementfliesen durch thermoakustische Fliesen zu ersetzen.
- Um das Gebäude nachhaltiger zu gestalten, ist es ratsam, Photovoltaikplatten für die Solarstromerzeugung zu installieren, da die Anfangsinvestition kurzfristig kompensiert wird und Einsparungen, geringen Wartungsaufwand und Funktionalität bietet.

VERWEISE

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações:** Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. 2008.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL (Brasil). **Governo torna obrigatório que edifícios públicos federais tenham energia eficientes.** Disponível em: <https://www.caubr.gov.br/governo-torna-obrigatorio-que-edificios-publicos-federais-sejam-energeticamente-eficientes/#comments>. Acesso em: 28 ago. 2021.

CONFERÊNCIA DE ESTUDOS EM ENERGIA ELÉTRICA. **PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM:** Breve Panorama. Uberlândia, MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2019. 5 p. Disponível em: <https://www.lunasat.top/ceel/evento/artigos/#2019>. Acesso em: 28 ago. 2021.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Catálogo de Propriedades Térmicas e Óticas de Vidros Comercializados No Brasil.** Brasil: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>

Disponível em: https://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/catalogo-propriedades-vidros-comercializados-brasil-13032015_v2.pdf. Acesso em: 28 jul. 2021.

DOS SANTOS JUNIOR, J.E. **Antiga Rodoviária de Campo Mourão-PR**. 1969. Fotografia.

FILHO, Jairo Jerônimo De Campos. **Mapa Localização Biblioteca**. Campo Mourão: 2021. Mapa em escala gráfica. Software QGIS V. 3.2.

Programa Nacional De Conservação De Energia Elétrica. **Manual para aplicação do RTQ-C**. 4 ed. Brasil, 2017.

HARADA, Magali. **Bioclimatismo**: Blog de Arquitetura Bioclimática. Disponível em: <http://bioclimatismo.com.br/bioclimatismo/zoneamento-bioclimatico-brasileiro/>. Acesso em: 05 jun. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2020**. Rio de Janeiro. 2021.

DEBATES INTERDISCIPLINARES VII. **O Papel das Conferências Internacionais Sobre o Meio Ambiente Para o Desenvolvimento dos Regimes Internacionais Ambientais**: De Estocolmo A Rio +20. Palhoça, Sc: Unisul, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Baltazar-Andrade-Guerra/publication/301626018_Debates_Interdisciplinares_VII/links/571e496f08aeaced7889df5e/Debates-Interdisciplinares-VII.pdf#page=168. Acesso em: 20 ago. 2021.

Eingereicht: August 2021.

Genehmigt: Oktober 2021.

RC: 100248

Verfügbar in: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/umwelttechnik-de/stadtbibliothek>